1.B.6.68

Digitized by Google

PRINCIPES

DE GÉOLOGIE.

Digitized by Google

Paris. — Imprimerie de Bourgogne et Martinet,
rue Jacob, 30.

PRINCIPES
DE GÉOLOGIE,

OU

ILLUSTRATIONS
DE CETTE SCIENCE
EMPRUNTÉES AUX CHANGEMENTS MODERNES
que la Terre et ses Habitants ont subis;

PAR

CHARLES LYELL, ESQ.,
membre de la Société royale de Londres.

OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, SUR LA SIXIÈME ÉDITION, ET SOUS LES AUSPICES DE

M. ARAGO,

PAR

Mme TULLIA MEULIEN.

« Verè scire est per causas scire. » — BACON.

TROISIÈME PARTIE.

PARIS,
LANGLOIS ET LECLERCQ,
RUE DE LA HARPE, 81;
A LYON,
Chez SAVY jeune, libraire, quai des Célestins, 48.
1846.

TABLE

DES MATIÈRES

DE LA TROISIÈME PARTIE.

CHANGEMENTS PRODUITS DANS LE MONDE INORGANIQUE PAR LES CAUSES IGNÉES.

Pages.

CHAPITRE I. — Changements produits dans le monde inorganique. — Causes ignées. — Division du sujet. — Des diverses régions volcaniques. — Région des Andes. — Système de volcans s'étendant depuis les Iles Aléoutiennes jusqu'aux Moluques et aux Iles de la Sonde. — Archipel Polynésien. — Région volcanique comprise entre l'Asie Centrale et les Açores. — Ancienne jonction de la mer Caspienne, du lac Aral et de la Mer d'Azof. — Tradition de déluges sur les rivages du Bosphore, de l'Hellespont et des îles de la Grèce. — Alternance périodique de tremblements de terre en Syrie et dans la partie méridionale de l'Italie. — Limites occidentales de la région Européenne. — De l'affaiblissement des tremblements de terre et de la diminution de leur nombre à mesure qu'on s'éloigne des centres de l'action volcanique. — Les volcans éteints ne doivent pas être compris dans les lignes de volcans en activité. 1

CHAPITRE II. — District volcanique de Naples. — Histoire des éruptions volcaniques qui ont eu lieu dans le district voisin de Naples. — Convulsions dont Ischia a été jadis le théâtre — Du grand nombre de cônes produits dans cette île. — L'Epomeo ne doit pas être

Pages.

considéré comme un volcan permanent.— Lac Averne. — La Solfatare. — Renouvellement des éruptions du Vésuve, en l'an 79 de J.-C. — Description faite par Pline de ces phénomènes. — Remarques sur son silence à l'égard de la destruction d'Herculanum et de Pompéi. — Le Vésuve après cet événement. — Courant de lave répandu sur l'île d'Ischia, en 1302. — Repos dans les éruptions du Vésuve. — Formation du Monte Nuovo. — Conformité entre les phénomènes volcaniques du Vésuve et ceux des Champs Phlégréens aux époques anciennes et dans les temps modernes. 49

CHAPITRE III. — DISTRICT VOLCANIQUE DE NAPLES. — (*Suite.*) — Dimensions et structure du cône du Vésuve. — Dykes. — Laves et minéraux. — Alluvions désignées sous le nom de laves aqueuses.— Origine et composition de la matière qui a englouti Herculanum et Pompéi. — De la condition dans laquelle on trouva les villes enterrées, et des divers objets qu'elles renfermaient.—Du petit nombre de squelettes que l'on y a découverts. — État de conservation des substances animales et végétales. — Rouleaux de papyrus. — Stabies. — Torre del Greco. — Dernières remarques et conclusion sur les volcans de la Campanie. 84

CHAPITRE IV. — ETNA. — Physionomie extérieure de l'Etna. — Cônes latéraux. — De leur oblitération successive. — Éruptions anciennes. — Les Monti Rossi en 1669. — Villes englouties par la lave. — Ensevelissement d'une partie de la ville de Catane. — Mode de progression d'un courant de lave. —Cavernes souterraines. — Strates marines à la base de l'Etna. — Le Val del Bove ne doit pas être considéré comme un cratère ancien.— De l'aspect qu'il présente. — Forme, composition et origine des dykes. — Direction linéaire des cônes formés en 1811 et 1819. — Laves et brèches. — Inondation résultant de la fonte des neiges par la lave. — Glacier couvert par un courant de lave. — De la manière dont a été formé le Val del Bove. — Structure et origine du cône de l'Etna. — Examen de la question de savoir si les nappes inclinées de lave

Pages.

ont été horizontales à l'origine. — Ancienneté de l'Etna. — Considérations tendant à reconnaître s'il existe des traces de vagues diluviales sur l'Etna. . . 136

CHAPITRE V. — Éruption volcanique en Islande (1783). — Apparition d'une île nouvelle. — Courants de lave émis par le Skaptaa-Jokul, dans la même année. — Volume immense de ces courants. — Éruption du Xorullo dans le Mexique. — Théorie de M. de Humboldt relativement à la convexité de la plaine de Malpais. — Éruption du volcan de Galong-Goung, dans l'Ile de Java. — Volcans sous-marins. — Formation de l'île Graham (*Ile Julia*), en 1831. — Archipels volcaniques. — Les Canaries. — Ténériffe. — Cônes d'éruption produits dans l'île de Lancerote, de 1730 à 1736. — Santorin et les îles voisines. — Ile de Barren, dans la Baie du Bengale. — Composition minérale des produits volcaniques. 206

CHAPITRE VI. — DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DE LEURS EFFETS. — Des tremblements de terre et de leurs effets. — De l'insuffisance des anciens récits. — Phénomènes atmosphériques ordinaires. — Changements produits par des tremblements de terre dans les temps modernes, considérés chronologiquement. — Tremblement de terre en Syrie, 1837. — Au Chili, 1837 et 1835. — L'île de Sta-Maria élevée de dix pieds (3m environ). — Chili, 1822. — Étendue de la région soulevée. — Alep et Iles Ioniennes. — Tremblements de terre du Kotch en 1819. — Affaissement dans le Delta de l'Indus. — Ile de Sumbava en 1815. — Submersion de la ville de Tomboro. — Tremblement de terre de Caracas, 1812. — New Madrid en 1811. — Changements opérés dans la vallée du Mississipi. — Iles Aléoutiennes, 1806. — Réflexions sur les tremblements de terre du dix-neuvième siècle. — Tremblements de terre dans la province de Quito, à Québec, etc. — Java, 1786. — Affaissement de grandes étendues de pays. — Iles du Japon, 1783. 267

CHAPITRE VII. — TREMBLEMENT DE TERRE EN CALABRE, 1783. — Tremblement de terre en Calabre, le

Pages

5 février 1783.—Continuation des secousses jusqu'à la fin de l'année 1786. — Autorités d'après lesquelles les faits relatifs à ce tremblement de terre ont été admis. — Étendue de la région bouleversée. — Structure géologique du district. — Difficultés de déterminer les changements de niveau. — Dépression du quai à Messine. — Faille dans la Tour Ronde de Terranova. — — Déplacement des pierres de deux obélisques. — Ouverture et fermeture des fissures. — Engloutissement de vastes édifices. — Dimensions de nouvelles cavernes et fissures.— Oblitération graduelle de fissures. — Bondissement de masses détachées. — Glissements de terrain. — Bâtiments entiers transportés à de grandes distances. — Lacs nouveaux. — Courant de boue. — Cavités en forme d'entonnoir produites dans des plaines d'alluvion.—Chute de falaises, et inondation du rivage près de Scilla. — État du Stromboli et de l'Etna pendant les secousses. — De la manière dont les tremblements de terre contribuent à la formation des vallées. — Dernières remarques et conclusion. 316

CHAPITRE VIII. — TREMBLEMENTS DE TERRE PENDANT LE DIX-HUITIÈME SIÈCLE. — (*Suite*). — Tremblement de terre de Guatemala, 1773. —Java, 1772. — Troncature d'un cône élevé. — Saint-Domingue, 1770. — Colombie, 1766. Lisbonne, 1755. — Secousses ressenties dans toute l'Europe, l'Afrique septentrionale et les Antilles. — Grande vague. — Baie de la Conception, 1750. — Élévation permanente. — Pérou, 1746. — Kamtchatka, 1737.— Java, 1699.— Rivières barrées par suite de glissements de terrain.— Abaissement du fond de la mer et de diverses parties voisines des côtes, en Sicile, 1693. — Moluques, 1693. — La Jamaïque, 1692. — Grandes étendues de terrain englouties. — Affaissement d'une portion de Port-Royal. — Somme des changements qui ont eu lieu pendant ces cent cinquante dernières années. — Phénomènes d'élévation et d'abaissement produits dans le Golfe de Bayes. — Preuve d'un phénomène analogue, offerte par le temple de Sérapis 372

Pages.

CHAPITRE IX. — EXHAUSSEMENT ET ABAISSEMENT DE CERTAINES PORTIONS DE TERRE FERME SANS SECOUSSES SOUTERRAINES. — Changements dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer, dans des régions non volcaniques. — Opinion de Celsius sur l'abaissement des eaux de la Baltique et de la Mer du Nord. — Objections contre cette opinion. — Preuves de la stabilité du niveau de la mer dans la Baltique. — Hypothèse de Playfair par laquelle il admet le soulèvement de la terre ferme en Suède. — Opinion de M. de Buch. — Marques incrustées sur les rochers. — Examen de ces marques en 1820. — Facilité de reconnaître les moindres altérations dans le niveau de la mer sur la côte de Suède. — Exhaussement observé aussi sur les rivages de l'océan. — Étendue de l'espace soulevé. — Dépôts coquilliers d'Uddevalla. — Dépôts de Stockholm, contenant des coquilles fossiles, caractéristiques de la Mer Baltique. — Dépression produite dans la partie méridionale de la Suède. — Cabane de pêcheur enfouie sous des strates marines. — Abaissement de la terre ferme au Groenland. — Influence de ces faits sur la géologie. 436

CHAPITRE X. — CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS. — Connexion intime entre les causes des volcans et celles des tremblements de terre. — Supposition relative à la fluidité originaire de notre planète. — La forme sphéroïdale de la terre ne prouve pas sa fluidité universelle dans le principe. — Tentative pour calculer l'épaisseur de la croûte solide de la terre par le mouvement de précession. — Augmentation de la température des mines avec leur profondeur. — Objections contre l'hypothèse de la chaleur intense d'un fluide central. — Examen de la question de savoir si des changements chimiques peuvent donner lieu au développement de la chaleur volcanique. — Courants d'électricité circulant dans l'écorce terrestre. — Théorie d'un noyau métallique inoxidé. — Les oxides métalliques peuvent être désoxidés par l'hydrogène lorsqu'ils sont échauffés. . 471

Pages.

CHAPITRE XI. — CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS. — (*Suite*). — Recherche des preuves de la chaleur intérieure. — Théorie d'un noyau métallique inoxidé. — Examen de la question de savoir si la décomposition de l'eau peut être considérée comme une des causes de la chaleur volcanique. — Geysers d'Islande. — Causes des tremblements de terre. — Mouvement ondulatoire. — Force expansive des gaz à l'état liquide. — Rapports entre l'état de l'atmosphère et les tremblements de terre. — Soulèvement et abaissement permanents des continents. — Dilatation des roches par l'effet de la chaleur. — Comment se conserve l'équilibre de la terre ferme. — Excès de la dépression. — Conclusion. 510

FIN DE LA TABLE.

INDICATIONS POUR LE RELIEUR.

VOL. III. — TROISIÈME PARTIE.

La planche 6 doit être placée en regard de la page..... 22
— 7 50
— 8 155
— 9 156
— 10 289
— 11 291

Digitized by Google

PRINCIPES
DE GÉOLOGIE.

—

LIVRE TROISIÈME.

—

CHANGEMENTS PRODUITS DANS LE MONDE INORGANIQUE PAR LES CAUSES IGNÉES.

CHAPITRE I.

Changements produits dans le monde inorganique. — Causes ignées. — Division du sujet. — Des diverses régions volcaniques — Région des Andes. — Système de volcans s'étendant depuis les Iles Aléoutiennes jusqu'aux Moluques et aux îles de la Sonde. — Archipel Polynésien. — Région volcanique comprise entre l'Asie Centrale et les Açores. — Ancienne jonction de la mer Caspienne, du lac Aral et de la Mer d'Azof. — Tradition de déluges sur les rivages du Bosphore, de l'Hellespont et des îles de la Grèce. — Alternance périodique de tremblements de terre en Syrie et dans la partie méridionale de l'Italie. — Limites occidentales de la région Européenne. — De l'affaiblissement des tremblements de terre et de la diminution de leur nombre à mesure qu'on s'éloigne des centres de l'action volcanique. — Les volcans éteints ne doivent pas être compris dans les lignes de volcans en activité.

Dans la seconde partie de cet ouvrage nous avons étudié les changements qui, depuis les temps historiques et traditionnels, ont été produits par l'action continue des causes aqueuses sur la surface de la terre; dans cette troisième partie nous examinerons ceux qui résultent des causes ignées. De même que les rivières et les sources des continents, ainsi que les marées et les courants de l'Océan, n'ont, sauf quelques légères modifications, cessé d'agir en certains points, depuis les périodes les plus reculées de l'histoire du globe; de même aussi les volcans et les tremblements de terre n'ont, à peu d'exceptions près, discontinué, pendant le même laps de temps, de dévaster les mêmes régions. Mais, ainsi que dans presque tous les points de notre continent, il existe des traces d'une grande force due à l'action de l'eau courante sur la surface de la terre ferme, et à celle des vagues, des marées et des courants sur les falaises qui bordent la mer, en des points où, dans les temps modernes, les rivières, les vagues ou les courants de marée n'ont produit aucune excavation; de même aussi on retrouve des indices d'issues volcaniques et de violents mouvements souterrains en des lieux où les agents ignés sont restés longtemps assoupis. On peut expliquer pourquoi l'intensité de la force qui appartient aux causes aqueuses a dû se développer

successivement dans différents districts. Les courants, par exemple, ne peuvent, non plus que les marées et les vagues de la mer, détruire des côtes, former des estuaires ou les combler, se frayer un passage à travers des isthmes, anéantir des îles, donner naissance à des hauts-fonds, les déplacer, sans que la direction et la position de leur force destructive et de transport soient transférées à de nouvelles localités. Les niveaux relatifs de l'écorce terrestre au-dessus et au-dessous de la surface des eaux ne peuvent pas non plus varier de temps en temps, ainsi qu'on admet qu'ils l'ont fait à d'anciennes époques, et ainsi que nous démontrerons qu'ils continuent encore à le faire, sans que, dans le cours des siècles, la configuration extérieure des continents soit modifiée, et même entièrement changée. De tels événements doivent évidemment être accompagnés d'un changement complet dans le volume, la vitesse et la direction des courants et des inondations terrestres qui se fraient un passage dans certaines régions. Ainsi, on peut s'attendre à trouver des falaises contre lesquelles la mer exerçait jadis son action destructive, et d'où elle se trouve éloignée aujourd'hui — des estuaires où les grandes marées pénétraient autrefois, mais qui maintenant sont à sec — des vallées creusées par les eaux, et qu'aucun courant n'arrose actuellement — ces phéno-

mènes et divers autres étant les conséquences nécessaires des causes physiques qui agissent de nos jours ; et, si les lois qui gouvernent le monde sont stables, des fluctuations semblables devront se reproduire dans les temps à venir.

Mais quoiqu'il puisse paraître tout naturel que la force de l'eau courante dans un grand nombre de vallées, ainsi que celle des marées et des courants dans plusieurs parties de la mer, se trouve maintenant *épuisée*, il n'est pas, à beaucoup près, aussi facile d'expliquer pourquoi la force qui donne naissance aux tremblements de terre et aux feux volcaniques a pu s'éteindre dans certaines localités, à diverses époques successives. Si nous jetons un coup d'œil rétrospectif sur l'époque très récente de l'histoire du globe, où les strates marines qui servent de base à la grande masse de l'Etna n'existaient point encore, nous trouverons dans cette seule considération un motif suffisant pour prévoir que les éruptions de ce volcan cesseront un jour.

> Nec quæ sulfureis ardet fornacibus Ætna
> Ignea semper erit, *neque enim fuit ignea semper.*
> (OVID. *Métam.*, lib. 15 — 340.)

Ces paroles mémorables, que le poëte Latin met dans la bouche de Pythagore, sont suivies de conjectures sur les causes qui donnent lieu au dépla-

cement des ouvertures volcaniques. Quels que soient les doutes que le philosophe exprime sur la nature de ces causes, il est un fait que l'on regarde comme incontestable, c'est que les points d'éruption changeront dans la suite des temps, *par la raison qu'autrefois ils ont changé.*

Je me suis déjà efforcé de prouver, dans plusieurs chapitres de cet ouvrage, qu'un tel raisonnement n'a été que trop négligé par quelques unes des écoles modernes, qui, non seulement ne veulent point admettre que de grandes révolutions sont actuellement en voie de s'accomplir à la surface du globe ou qu'elles s'y produiront plus tard, *parce que* des phénomènes semblables se sont souvent répétés dans les siècles anciens, mais qui vont même jusqu'à nier la probabilité d'une telle conclusion, et dédaignent de rechercher les preuves qui pourraient appuyer leur opinion.

Division du sujet. — On peut définir l'action volcanique comme « étant l'influence exercée par l'intérieur échauffé de la terre sur son enveloppe extérieure. » Si l'on adopte cette définition sans la rattacher, comme l'a fait M. de Humboldt, à la théorie du refroidissement séculaire, ou du refroidissement d'un noyau originairement fluide et doué d'une température très élevée, on pourra ranger dans une même catégorie générale tous les phéno-

mènes souterrains, c'est-à-dire les éruptions volcaniques, les tremblements de terre et ces mouvements insensibles du sol à l'aide desquels, ainsi qu'on le verra plus tard, de vastes districts peuvent être déprimés ou élevés sans éprouver aucune secousse. Ainsi, je considérerai d'abord les volcans, puis les tremblements de terre, ensuite le soulèvement ou l'abaissement du sol dans des régions où il n'y a ni volcans ni tremblements de terre, et enfin les *causes* probables des changements qui résultent de l'action souterraine.

On croit généralement que les tremblements de terre et les volcans ont une origine commune, parce que les uns et les autres sont limités à de certaines régions. Quoi qu'il en soit, les mouvements souterrains sont moins violents qu'ailleurs dans le voisinage immédiat des ouvertures volcaniques, là surtout où le dégagement des fluides aériformes et l'écoulement de la matière en fusion s'opèrent toujours par le même cratère. Mais, comme il est quelques régions auxquelles sont limités les points d'éruption et les mouvements occasionnés par de forts tremblements de terre, je commencerai par indiquer les bornes géographiques de plusieurs d'entre elles, afin que le lecteur puisse se faire une idée de l'échelle immense sur laquelle se manifeste simultanément, à l'époque actuelle, l'action du feu

souterrain. Sur la vaste étendue que comprennent ces régions, se trouvent distribuées par intervalles, et le plus ordinairement en suivant une direction linéaire, des ouvertures de volcans en activité. De plus, tous les espaces intermédiaires offrent les preuves les plus évidentes de l'action constante du feu souterrain; car, de temps en temps, le sol est ébranlé par des tremblements de terre; des vapeurs gazeuses, telles entre autres que le gaz acide carbonique, s'en dégagent en grande abondance; et des sources dont les eaux sont ordinairement imprégnées de substances minérales semblables à celles qui s'échappent des volcans en éruption jaillissent souvent avec une température très élevée.

RÉGIONS VOLCANIQUES.

Région des Andes. — Parmi ces grandes régions, celle des Andes de l'Amérique Méridionale est une des mieux déterminées; elle s'étend depuis le sud du Chili jusqu'au nord de Quito, c'est-à-dire depuis le 43e degré de latit. S. jusqu'au 2e N. environ. Toutefois, dans cette ligne qui comprend quarante-cinq degrés de latitude, on remarque, sur de très vastes étendues, une alternance de districts de volcans brûlants et de volcans éteints ou qui, s'ils ne sont pas entièrement épuisés, sont, du moins,

assoupis depuis les trois siècles derniers. Il n'est point aisé de déterminer la durée que doit avoir un intervalle de repos pour qu'un volcan puisse être considéré comme entièrement éteint. Nous savons que dans l'île d'Ischia, il y eut, entre deux éruptions consécutives, un intervalle de dix-sept siècles de repos. La découverte de l'Amérique est un événement beaucoup trop récent pour qu'il puisse nous mettre à portée de savoir, ou même simplement de conjecturer si, en différentes portions des Andes, dont la presque totalité est sujette à des tremblements de terre, il ne pourrait pas y avoir alternativement cessation et renouvellement d'éruptions. Il est extrêmement probable que certaines ouvertures volcaniques peuvent s'entr'aider mutuellement pour servir d'issues à la lave et aux gaz emprisonnés dans les volcans, et nous verrons plus loin que des alternances périodiques analogues à celles que nous venons d'indiquer ont effectivement été observées dans des contrées connues depuis longtemps.

La première ligne de volcans actifs que l'on ait vus en éruption dans les Andes s'étend depuis la latitude de 43°, 28′ S., ou, depuis Yantales, situé à l'opposite de l'île de Chiloé, jusqu'à Coquimbo, par 30° de lat. S.; à cette ligne éruptive de treize degrés succède un espace de plus de huit degrés de

latitude, où aucune action volcanique n'a été indiquée. On rencontre ensuite les volcans de Bolivia et du Pérou, qui s'étendent sur un espace de six degrés du S. au N., c'est-à-dire depuis le 21e degré de lat. S. jusqu'au 15e S. Entre les volcans du Pérou et ceux de Quito, il se trouve un autre espace qui n'a pas moins de quatorze degrés de latitude, et dans lequel, jusqu'à présent, on n'a reconnu aucune trace d'action volcanique. Viennent ensuite les volcans de la Province de Quito, qui commencent à la distance d'environ 100 milles géographiques au sud de l'équateur, et se terminent à 130 milles à peu près au nord de la ligne; là, on rencontre un autre intervalle de plus de six degrés de latitude, qui n'offre aucun indice de phénomènes volcaniques; puis on arrive aux volcans du Guatemala ou Amérique Centrale, situés au nord de l'Isthme de Panama (*). Après avoir ainsi tracé la ligne qui s'étend du sud au nord, j'établirai d'abord, à l'égard des nombreuses ouvertures volcaniques du Chili, que les volcans de Yantales et d'Osorno étaient en éruption

(*) On trouve à la fin de la description des îles Canaries, par M. de Buch (Paris, éd. française de 1836), une esquisse très bien faite de la position et des phénomènes caractéristiques des principaux volcans du globe; les faits y sont recueillis avec le plus grand soin, et choisis de la manière la plus judicieuse. J'ai souvent puisé à cette source d'excellents renseignements.

pendant le grand tremblement de terre de 1835, au moment où plusieurs secousses se firent sentir à Chiloé, ainsi qu'en quelques points de la côte du Chili, qui éprouve un soulèvement permanent; et en même temps aussi qu'une éruption sous-marine eut lieu à Juan Fernandez, c'est-à-dire à une distance de Yantales au moins égale à 720 milles géographiques. Quelques uns des volcans du Chili sont d'une très grande hauteur; le sommet de celui d'Antuco, situé par 37° 40′ de latit. S., est à seize mille pieds, au moins (près de 4900^{m}), au-dessus du niveau de la mer. D'énormes courants de lave, parmi lesquels nous citerons celui qui se répandit en 1828, ont jailli des flancs de ce volcan à une grande hauteur. Cet événement passe pour faire exception à la règle générale; car il n'y a point de volcans dans la province de Quito, et il n'y a qu'un très petit nombre de ceux des Andes qui aient émis de la lave dans les temps modernes; ils ne jettent ordinairement que de la vapeur et des scories.

On trouve dans le Chili, ainsi qu'en plusieurs autres parties des Andes, des laves balsaltiques (ou augitiques) et des laves feldspathiques; mais, suivant M. de Buch, les roches volcaniques appartenant à la classe des feldspaths ne sont pas du trachyte : elles constituent la roche que l'on désigne

sous le nom d'andésite, et qui est un mélange d'augite et d'albite. Ce dernier minéral contient de la soude au lieu de la potasse que l'on trouve dans le feldspath commun.

Le volcan de Rancagua, situé par 34° 15′ de lat. S., projette, dit-on, sans cesse des cendres et des vapeurs comme le Stromboli, ce qui prouve la haute température dont jouissent, d'une manière permanente, certaines parties sous-jacentes de l'intérieur de la terre. Celui de Maypo, qui se trouve dans une plaine à la lat. S. de 33° 53′, et près de la base duquel on rencontre de l'obsidienne et de la ponce, a un cône entouré de lits énormes de gypse et de dolomie. Plus bas, à la hauteur de neuf mille pieds (près de 2,750^{m}), on observe des strates de calcaire qui renferment des coquilles fossiles, dont quelques unes sont décrites comme appartenant à des espèces identiques avec celles du calcaire jurassique de Swabia (*).

Il se passe rarement une année au Chili, et même un mois dans certains districts, sans que quelques légères secousses de tremblements de terre se fassent sentir. Celles qui viennent du côté de l'Océan sont les plus violentes, et il en est de même, assure-t-on, au Pérou. La ville de Copiapo a été

(*) De Buch, p. 471.

ruinée par ce terrible fléau en 1773, en 1796 et en 1819, c'est-à-dire à trois époques séparées les unes des autres par un intervalle régulier de vingt-trois ans. Toutefois cette contrée a éprouvé dans les périodes intermédiaires d'autres secousses qui, probablement, n'ont point été aussi fortes, du moins sur l'emplacement de Copiapo. Considéré sous un point de vue général, le retour régulier des phénomènes volcaniques à des périodes déterminées est un fait contre lequel se réunissent tant de preuves, que l'on doit se garder d'attacher trop d'importance au petit nombre de coïncidences frappantes, il est vrai, mais probablement accidentelles, qui se manifestent quelquefois à cet égard. Parmi celles-ci, nous citerons les deux tremblements de terre que l'on ressentit à Lima, l'un le 17 juin 1578, et l'autre à pareil jour, en 1678. Nous mentionnerons aussi les deux éruptions du Coseguina, qui eurent lieu en 1709 et 1809 ; ce sont les seules que l'on cite avant celle de 1835 (*).

J'aurai occasion de parler dans le chapitre suivant du soulèvement permanent que le sol éprouve au Chili après les tremblements de terre. On verra aussi dans le même chapitre que de fortes secousses souterraines coïncident souvent avec des éruptions produites soit par des volcans sous-marins, soit par

(*) Darwin's Geol. Trans., sec. Ser. vol. V, p. 612.

les cônes des Andes, et l'on reconnaîtra l'identité de la force qui élève les continents avec celle qui détermine les phénomènes volcaniques (*).

L'espace entre le Chili et le Pérou dans lequel on n'a observé aucune trace de l'action volcanique se dirige, du sud au nord, sur une étendue de 160 lieues marines. C'est pourtant, ainsi que le remarque M. de Buch, cette partie des Andes qui est le moins connue, étant généralement fort peu peuplée, et même en quelques points se trouvant complétement déserte. Les volcans du Pérou s'élancent d'un plateau extrêmement élevé jusqu'à des hauteurs considérables, de 17,000 à 20,000 pieds (5,200 à 6,100^{m} env.) au-dessus du niveau de la mer. La lave, mêlée de ponce, qui a été émise par le volcan de Viejo, à 16° 55′ de lat. S., est un composé de cristaux d'albite, d'actinote et de mica, et constitue une roche qui a été considérée comme une des variétés de l'andésite. Il sera fait mention dans un des chapitres suivants de quelques uns des tremblements de terre les plus violents qui, dans les temps modernes, se soient fait sentir au Pérou.

Quant au district que nous avons indiqué tout-à-l'heure, comme s'étendant entre le Pérou et la Province de Quito, sur un espace de quatorze degrés

(*) Id. p. 606.

de latitude, et qui passe pour être entièrement dépourvu de volcans en activité, les informations que l'on possède à son égard sont extrêmement incomplètes. Des grès, et des calcaires secondaires renfermant des ammonites, s'y élèvent jusqu'à la crête la plus haute de la chaîne; mais ce fait seul ne serait pas en contradiction avec le caractère volcanique de ces montagnes, car les mêmes roches ont été observées à la hauteur de quinze mille pieds (près de 5,000^{m}) dans des montagnes du Chili Central, où il se trouve des volcans brûlants. Les volcans de la Province de Quito s'étendent entre le second degré de latitude sud et le troisième de latitude nord. Ils s'élèvent à des hauteurs considérables au-dessus de la mer, et plusieurs d'entre eux atteignent jusqu'à quatorze et dix-huit mille pieds (4,300 et 5,500^{m} env.) d'altitude. Suivant une tradition répandue parmi les Indiens de Lican, la montagne appelée l'Autel, ou le Capac-Urcu, nom qui veut dire « le chef », était jadis la plus haute de toutes celles qui avoisinent l'équateur, son élévation excédant celle même du Chimborazo; mais sous le règne de Ouainia Abomatha, avant la découverte de l'Amérique, une éruption des plus violentes, et qui dura huit ans, la renversa. Les fragments trachytiques, dit M. Boussingault, qui formaient autrefois le sommet conique de cette

montagne célèbre, se trouvent aujourd'hui disséminés sur la plaine (*). Parmi les divers volcans de l'Amérique Méridionale qui, dans les temps modernes, ont été en activité, le Cotopaxi, dont la hauteur égale dix-huit mille huit cent cinquante-huit pieds (5,748^{m}), est le plus élevé. Ses éruptions ont aussi été plus fréquentes et plus destructives que celles de tous les autres; sa forme représente un cône parfait, et il est ordinairement recouvert d'une couche de neige extrêmement épaisse; quelquefois, cependant, on a vu cette neige fondre tout d'un coup au moment d'une éruption; c'est, par exemple, ce qui arriva en janvier 1803, époque à laquelle la fonte des neiges eut lieu en une nuit.

De fréquentes inondations dans les Andes sont occasionnées par la fusion de masses de neige énormes, et quelquefois aussi par le déchirement de certaines cavités souterraines remplies d'eau, auquel donnent lieu les tremblements de terre. Lors de ces inondations, du sable fin volcanique, des pierres incohérentes et divers autres matériaux que l'eau rencontre se trouvent entraînés, et donnent naissance à une grande quantité de limon qu'on appelle « moya, » et qui, à son tour, est transporté jusqu'aux régions basses. En 1797, des masses de limon ainsi accumulé descendirent des flancs du

(*) Bull. de la Soc. Géol., tom. VI, p. 55.

Tunguragua, dans la Province de Quito, et remplirent des vallées de mille pieds (300^{m} env.) de large, sur une profondeur de six cents pieds (183^{m}). Elles formèrent des barrières qui interrompirent le cours de certaines rivières, et donnèrent lieu à la production de plusieurs lacs. Des milliers de poissons qui, suivant M. de Humboldt, ont vécu et multiplié dans des cavités souterraines, sont quelquefois enveloppés dans ces courants et dans ces lacs de moya. En 1791, le volcan d'Imbaburu rejeta une si grande quantité de ces poissons, que l'on attribua aux miasmes que dégageaient les matières animales en putréfaction les fièvres qui régnèrent alors.

On dit qu'un grand nombre des changements importants qui ont eu lieu dans la configuration du sol de Quito sont dus aux tremblements de terre qui, de mémoire d'homme, ont ravagé cette contrée. M. Boussingault pense que si l'on eût enregistré exactement toutes les secousses souterraines qui se sont manifestées, soit dans la région de Quito, soit dans quelques autres districts habités des Andes, on eût reconnu que le sol n'avait jamais cessé de trembler. Il suppose que la fréquence du mouvement, au lieu de résulter des explosions volcaniques, doit avoir pour cause la chute continuelle des masses de roches qui ont été brisées, et soulevées sous forme

solide, à une époque comparativement récente ; mais une plus longue suite d'observations serait nécessaire pour confirmer cette opinion. Suivant le même auteur, plusieurs montagnes des Andes auraient, dans les temps modernes, diminué d'élévation (*).

La grande crête ou cordilière des Andes s'abaisse à l'Isthme de Panama : là, elle n'a plus que mille pieds (305^{m}) environ de hauteur, et même six cents (183^{m}), à l'endroit le plus bas du point de séparation des deux mers. Ce que quelques géographes considèrent comme une continuation de cette chaîne dans l'Amérique Centrale se trouve à l'est d'une série de volcans dont plusieurs sont en activité dans les provinces de Pasto, de Popayan et de Guatemala. Le Coseguina, situé au sud du Golfe de Fonseca, fit éruption en janvier 1835, et une partie des cendres qu'il émit tomba à Truxillo, sur les rivages du Golfe du Mexique. Mais ce qui est encore plus remarquable, c'est que, le même jour, une pluie de ces mêmes cendres tomba à Kingston, dans la Jamaïque, où elles avaient été emportées par un contre-courant supérieur se dirigeant en sens inverse du vent d'est régulier qui soufflait alors. Kingston est à près de sept cents milles (250' env.) du Coseguina : aussi ces cendres doivent-elles avoir sé-

(*) Bull. de la Soc. Géol. de France, tom. VI, p. 56.

journé pendant plus de quatre jours dans l'atmosphère, en parcourant cent soixante-dix milles (62e) par jour. A huit lieues au sud du cratère, les cendres recouvrirent le sol sur une épaisseur de trois mètres et demi, détruisant les forêts et les habitations qu'elles rencontraient sur leur passage. Des milliers de bêtes à cornes périrent, et leur corps n'offrait souvent qu'une masse de chair brûlée. On vit des daims et plusieurs autres animaux sauvages chercher un refuge dans les villes; un grand nombre d'oiseaux et de quadrupèdes furent trouvés étouffés dans les cendres, et les courants voisins étaient jonchés de poissons morts (*). De tels faits servent à répandre une grande clarté sur les monuments géologiques; car dans les cendres rejetées à des époques fort anciennes par les volcans éteints de l'Auvergne, on retrouve les ossements et les squelettes de plusieurs espèces éteintes de quadrupèdes.

Mexique. —La grande chaîne volcanique, après avoir ainsi poursuivi sa course sur une étendue de plusieurs milliers de milles, du sud au nord, envoie une de ses branches dans le Mexique, sous le parallèle de Mexico, et se prolonge, entre les 18e et 22e degrés de lat. N., en une grande plateforme qui doit, dit-on, sa configuration actuelle

(*) Caldcleugh, Phil. Trans., 1836, p. 27.

au comblement d'un ancien système de vallées faisant partie d'une chaîne de montagnes granitiques; ces vallées furent remplies de divers produits volcaniques, jusqu'à la profondeur de plusieurs milliers de pieds. Cinq volcans en activité traversent le Mexique, de l'ouest à l'est, — Tuxtla, Orizaba, Popocatepetl, Xorullo et Colima. Xorullo, qui occupe le centre du grand plateau, est à cent vingt milles (43'), au moins, de la mer la plus voisine, — circonstance importante en ce qu'elle prouve que la proximité de l'océan n'est pas une condition indispensable de la position des volcans actifs, quoiqu'elle en soit un des indices les plus caractéristiques. Nous décrirons plus loin l'éruption remarquable que fit cette montagne en 1759. Prolongée dans une direction occidentale, la ligne qui unit ces cinq ouvertures intersecte le groupe d'îles volcaniques qu'on désigne sous le nom des Iles Revillagigedo.

Au nord du Mexique, dans la Californie, on rencontre plusieurs volcans, au nombre de trois ou de cinq. On prétend aussi qu'un volcan situé sur la côte N.-O. de l'Amérique, près de la rivière Colombia, par 45° 37′ de latit. N., a fait éruption.

Antilles. — Mais revenons aux Andes de Quito.

M. de Buch pense que si la région située à l'est de la Magdalena était, ainsi que la Nouvelle-Grenade et le Caracas, mieux connue, on pourrait en déduire que la chaîne volcanique des Andes est liée avec celle des Antilles, ou Iles Caraïbes.

Ces îles forment deux séries parallèles : les plus occidentales sont toutes volcaniques et s'élèvent à la hauteur de plusieurs milliers de pieds; celles qui s'étendent à l'orient des premières sont pour la plupart très basses, et composées de roches calcaires. Dans la série volcanique se trouvent la Grenade, Saint-Vincent, Sainte-Lucie, la Martinique, la Dominique, la Guadeloupe, Montserrat, Nevis et Saint-Eustache. La chaîne calcaire renferme Tabago, la Barbade, Marie-Galande, la Grande-Terre, la Désirade, Antigoa, la Barboude, Saint-Barthélemy et Saint-Martin. C'est à Saint-Vincent qu'ont eu lieu les éruptions les plus considérables des temps modernes; et, ainsi qu'on le verra dans le huitième chapitre de ce volume, plusieurs tremblements de terre violents se sont fait sentir à Saint-Domingue.

J'ai déjà fait mention de ceux qui, en 1812, bouleversèrent la vallée du Mississipi, au Nouveau-Madrid, sur un espace de trois cents milles (un peu plus de 100') de longueur. Comme cette catastrophe eut lieu précisément au même instant que le grand

tremblement de terre de Caracas, on peut supposer que les deux points d'ébranlement font partie de la même région volcanique. L'île de la Jamaïque et une certaine étendue de la mer qui l'avoisine ont souvent éprouvé d'effroyables secousses. Souvent, aussi, le même phénomène se produit sur une ligne qui s'étend depuis la Jamaïque jusqu'à Saint-Domingue et Porto-Rico.

On voit donc que même sans compter les ramifications des Antilles et du Mexique, une ligne de volcans et de régions sujettes à des secousses souterraines, peut être suivie depuis l'île de Chiloé et la côte opposée jusqu'au Mexique, ou même peut-être jusqu'à l'embouchure de la Colombia,— distance aussi considérable que celle qui s'étend du pôle à l'équateur. Quant aux limites occidentales de la région, elles se trouvent à une grande profondeur sous les vagues de la Mer Pacifique, et s'étendent probablement jusqu'à une distance à laquelle nos observations ne peuvent atteindre. A l'est elles sont fort restreintes, si ce n'est du côté des Antilles; car Buénos-Ayres, le Brésil et les États-Unis du nord de l'Amérique ne paraissent offrir aucune trace de phénomènes volcaniques.

Canada. — Bien que l'on n'ait point observé de volcans dans les régions septentrionales du nouveau

continent, des récits authentiques attestent que de fréquents tremblements de terre, dont quelques uns d'une violence extrême, comme celui de 1663, que nous décrirons plus tard, ont eu lieu au Canada. Une grande partie de l'estuaire du Saint-Laurent et de la région voisine a, de temps à autre, éprouvé des secousses souterraines; et les Mémoires du Capitaine Bayfield nous apprennent que le long des rivages de l'estuaire et du Golfe de Saint-Laurent, il existe des bancs horizontaux de coquilles récentes qui s'élèvent à diverses hauteurs — de dix à cent pieds (3 et 30^{m}) — au-dessus de la marque des hautes eaux; des rivages intérieurs de sable et de galets avec mélange de ces mêmes coquilles; et enfin, des roches calcaires très élevées, mais creusées par les vagues, et offrant des lignes de perforations dues à des lithophages. Or, tous ces faits n'indiquent-ils pas d'une manière évidente le soulèvement successif du continent, depuis que la mer est habitée par les espèces actuelles de testacés? (*)

Région volcanique comprise depuis les Iles Aléoutiennes jusqu'aux Moluques et aux Iles de la Sonde. — Une autre ligne volcanique continue

(*) Proceedings of Geol. Soc. N° 33, p. 5; et Trans. of Lit. Soc. of Quebec, vol. I et II.

Kemas
Ternate
Tidore
GILOLO
Waigiou
M. Salawatty
NOUVELLE
GUINÉE
Céram
Banda
Seroe
Nila
Bouton
Volcan
Ombay
Wetter
Lombatta
Pontore
TIMOR
Booroo
Peling
Ibiaho
Oby
Tanbaine
0
10
130

Digitized by Google

s'étend, à partir du nord, sur une échelle peut-être encore plus vaste que celle des Andes. Elle commence aux Iles Aléoutiennes, dans l'Amérique Russe, et suit d'abord une direction occidentale sur un espace d'environ deux cents milles géographiques; puis elle se dirige vers le sud en parcourant, sans interruption, une étendue de soixante à soixante-dix degrés de latitude, avant d'atteindre les Moluques. Une fois en ce point, elle envoie une branche au sud-est; mais la ligne principale continue à s'avancer vers l'ouest jusqu'à Sumatra, en passant par Sumbava et Java; enfin, elle se dirige vers le N.-O., jusqu'à la Baie du Bengale (*). Cette ligne volcanique peut, ainsi que l'observe M. de Buch, être en quelque sorte considérée comme étant parallèle au contour extérieur de l'Asie; tandis que la branche qui, aux Moluques, se dirige vers le sud-est, en passant de la Nouvelle-Grenade à la Nouvelle-Zélande, suit à peu près la configuration de l'Australie (**). L'extrémité septentrionale de cette région volcanique se trouve sur les confins de Cook's Inlet, au N.-E. de la Pres-

(*) Voyez la carte des lignes volcaniques que j'ai réduite et corrigée d'après l'ouvrage de M. de Buch sur les Canaries.

(**) Voir p. 409 de l'ouvrage qui vient d'être cité.

qu'île d'Alaska, où, près du soixantième degré de latitude, il existe un volcan que l'on dit avoir quatorze mille pieds (4,267^{m}) de hauteur. La Presqu'île d'Alaska elle-même renferme plusieurs cônes très élevés qui ont fait quelquefois éruption, et qui, sur les deux tiers de leur hauteur, sont couverts de neiges perpétuelles. Le sommet du pic le plus élevé est tronqué depuis l'éruption de 1786, qui détermina sa chute.

A partir d'Alaska, la ligne se prolonge jusqu'au Kamtschatka, en passant par les Iles des Renards et par les Aléoutiennes. De fréquentes éruptions ont lieu dans l'Archipel Aléoutien, et à trente milles (11^{l}) environ au nord d'Ounalachka, près de l'Ile d'Oumnak, une nouvelle île fut formée en 1796. C'est après un orage qu'on l'observa pour la première fois, en un point de la mer d'où l'on avait vu d'abord s'élever une colonne de fumée. Des flammes dont la clarté se répandait à dix lieues alentour sortirent ensuite du nouvel îlot; un tremblement de terre effroyable ébranla le cône récemment formé, et de grandes quantités de pierres furent lancées jusqu'à Oumnak. L'éruption continua pendant plusieurs mois, et lorsque huit ans après, en 1804, cette île fut explorée par des chasseurs, le sol était, en quelques endroits, à une température si élevée qu'on ne pouvait y poser les pieds. Suivant

Langsdorf et d'autres auteurs, les différents voyageurs qui l'ont successivement visitée ont trouvé qu'elle avait toujours augmenté de grandeur : elle a maintenant plusieurs milliers de pieds de hauteur, et deux ou trois milles ($\frac{2}{3}$ de l. ou 1 l.) de circonférence. Mais, tout en admettant que cet accroissement soit réel, on ne possède aucun moyen de déterminer avec précision pour quelle quantité le soulèvement doit y avoir contribué, ni jusqu'à quel point cette île a pu être formée exclusivement par des émissions de cendres et de laves. Quoi qu'il en soit, il paraît parfaitement constaté que, sur toute cette étendue, des tremblements de terre d'une violence extrême ébranlent et modifient le fond de la mer et la surface des continents.

La ligne se continue sans interruption dans la partie méridionale de la Presqu'île de Kamtschatka, où se trouvent un grand nombre de volcans en activité qui, lors de certaines éruptions, ont envoyé des cendres à d'énormes distances. Le plus considérable et le plus énergique de ces volcans est Klutschew : situé par 56° 3′ de lat. N., il s'élève de la mer à la hauteur prodigieuse de 15,000 pieds (4572^{m}). En 1829, Erman vit à 700 pieds (213^{m}) de sa cime un courant de lave se précipiter le long de la pente N.-O., jusqu'à la base du cône, en projetant une vive clarté. Or, un courant de lave qui jaillirait du

sommet du Mont-Blanc et s'étendrait jusqu'au pied de cette montagne dans la vallée de Chamouny, ne donnerait qu'une faible idée de la hauteur d'où s'échappait celui qu'Erman a observé. D'énormes quantités de glace et de neige firent d'abord opposition à l'écoulement de la lave; mais, plus tard, le torrent igné, par sa chaleur et par la pression qu'il exerçait, triompha de cet obstacle, et se précipita jusqu'au pied de la montagne avec une violence extrême, et avec un bruit qui s'entendit à plus de 50 milles (18') de distance (*).

La chaîne des Kouriles forme le prolongement de la ligne. On y observe une suite de montagnes se dirigeant vers le sud, et dont neuf sont connues pour avoir fait éruption. Les changements de niveau que ces îles, ainsi que le lit de la mer voisine, ont éprouvés, résultent des tremblements de terre qui se sont manifestés depuis le milieu du dernier siècle. La ligne continue dans la direction S.-O; on la retrouve dans la grande île de Yeso, qui renferme plusieurs ouvertures volcaniques en activité, ainsi que dans celle de Niphon, qui constitue l'île principale du groupe Japonais, où s'élèvent un grand nombre de montagnes brûlantes. De légères secousses s'y font presque incessamment ressentir, et de temps à

(*) Description des Iles Canaries, par M. de Buch, qui cite Erman et plusieurs autres observateurs, page 450.

autre on y éprouve des tremblements de terre extrêmement violents.

En 1783, une éruption de l'Alamo, dans l'Ile de Yedo, détruisit vingt-trois villages, par suite des pluies de cendres et des débordements de rivières auxquels elle donna lieu. Un grand nombre de cônes se trouvèrent formés sur une même ligne, ce qui prouve qu'ils provenaient d'une seule et même ouverture. Fusi, un peu au sud de Yedo, constitue le relief le plus élevé du Japon ; sa hauteur égale à peu près celle du Pic de Ténériffe (12,000 pieds ou 3,657^{m}) ; il est couvert de neiges perpétuelles et vomissait jadis des flammes : aujourd'hui, il n'en sort plus que des vapeurs. Une partie de cette montagne s'écroula, dit-on, avant l'ère Chrétienne ; et même en 1793, Unsen, autre volcan plus au sud, fut renversé : sa chute donna lieu à une cavité très profonde d'où sortirent d'épaisses vapeurs ; puis, une éruption et des tremblements de terre survinrent et occasionnèrent la mort de 53,000 personnes (*).

Plusieurs petites îles volcaniques entretiennent la continuité de la ligne entre les îles du Japon et les Philippines. L'île de Soufre, qui fait partie de l'archipel Loo Choo, émet une vapeur sulfureuse, et

(*) Même ouvrage, p. 440.

Formose est tourmentée par des tremblements de terre. Luçon, l'île la plus septentrionale et la plus grande des Philippines, renferme trois cônes brûlants; et Sanguil, volcan de Mindanao, fit éruption en 1764. La ligne se prolonge ensuite jusqu'aux Moluques, en traversant Sangir, l'extrémité N.-E. de Célèbes, Ternate et Tidore; puis, deux branches s'en détachent: l'une qui court S.-E., en se dirigeant vers la Nouvelle-Zélande par la Nouvelle-Guinée; et l'autre qui, ainsi que nous l'avons déjà vu, se dirige vers l'ouest, où elle atteint les îles de la Sonde en passant par Sumbava. C'est de la branche occidentale que nous nous occuperons d'abord. Plusieurs mémoires font mention de divers courants de lave émis par la montagne principale de l'île de Banda; il est, de plus, bien constaté qu'après une éruption qui eut lieu en 1820, une masse solide, composée de gros blocs de basalte, sortit de la mer et combla une grande baie située à l'est de l'île, et dont auparavant la profondeur était de soixante brasses. Cette masse, en s'élevant, forma plusieurs collines, bien que pourtant elle ne fût point, quant à la surface, du moins, en état de fusion; des vapeurs s'échappaient de ses fissures, sans compter les ponces et les scories qu'elle émettait. M. de Buch suppose, d'après le récit de Reinwardt, que des lits de matière volca-

nique furent alors soulevés sous forme de dômes (*).

Nous nous occuperons, dans le sixième chapitre de ce livre, de l'éruption violente qui, en 1815, se manifesta au Tomboro, dans l'île de Sumbava.

Java renferme, dit-on, trente-huit volcans considérables, dont quelques uns ont plus de dix mille pieds (3048m) de haut. Ils sont remarquables par la quantité de soufre et de vapeurs sulfureuses qui s'en dégagent; rarement ils émettent de la lave; mais des rivières de boue analogue au moya des Andes de Quito, en sortent quelquefois. La grande éruption de Galongoon, qui eut lieu en 1822, sera décrite dans le quatrième chapitre de ce volume. On observe dans le cratère de Taschem, situé à l'extrémité orientale de Java, un lac d'acide sulfurique, dont la longueur est d'un quart de mille ($\frac{1}{12}$ de l.). Il donne naissance à une rivière d'eau acide dans laquelle aucun être organisé ne peut exister; aucun poisson même ne peut vivre dans la mer près de son embouchure. On observe aux environs de Batur un cratère éteint d'un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) de circonférence, qui, appelé Guevo Upas, ou la Vallée du poison, est, à juste titre, un objet de terreur pour les habitants du pays. Tous les êtres vivants qui pénètrent dans cette vallée y

(*) De Buch, Descript. des Iles Canaries, p. 413.

trouvent subitement la mort : aussi le sol est-il couvert de squelettes de tigres, de daims, d'oiseaux, et même d'ossements d'hommes qui tous ont péri par suite des exhalaisons abondantes de gaz acide carbonique qui remplissent le fond de la vallée.

M. Reinwardt nous apprend que dans cette terre si remarquable par tous les phénomènes qu'elle présente, un autre cratère, voisin du volcan de Talaga Bodas, laisse échapper des émanations sulfureuses qui font périr des tigres, des oiseaux, et des multitudes d'insectes. Les parties molles de ces animaux, telles que les fibres, les muscles, les ongles, les poils et la peau, sont très bien conservées, tandis que les os sont corrodés et entièrement détruits.

La même disposition linéaire que l'on observe dans l'île de Java se remarque parmi les volcans de Sumatra, dont quelques uns sont d'une hauteur considérable. Le Berapi, par exemple, s'élève à plus de douze mille pieds (3,658^{m}) au-dessus du niveau de la mer ; il fume constamment, et à sa base coulent de nombreuses sources chaudes. La ligne volcanique s'incline ensuite légèrement vers le N.-O., se dirigeant du côté de l'Ile de Barren, située dans le Golfe du Bengale, par 12° 15′ de lat. N. Ce volcan, dont on trouvera la description dans le cinquième chapitre

de ce volume, fit éruption en 1792. Suivant M. Macclelland, la chaîne volcanique s'étend ensuite jusqu'à l'île de Narcondam, lat. 13° 22′ N. Cette île, qui forme un cône de sept ou huit cents pieds (213 à 243ᵐ) de haut, s'élève des profondeurs de la mer, et offre, dit-on, des traces de courants de lave qui s'étendent depuis le cratère jusqu'à la base. La chaîne se prolonge ensuite dans la même direction jusqu'à l'île volcanique de Rambree, lat. 19° N. environ, et jusqu'à l'île voisine de Cheduba, que, sur d'anciennes cartes, on voit représentée comme une montagne brûlante ; on arrive ainsi à la côte de Chittagong, qui, en 1762, fut bouleversée par un tremblement de terre des plus violents. (Voy. chapitre VIII) (*).

Revenons maintenant à la branche dont nous avons déjà parlé, et qui se sépare des Moluques pour suivre une direction S.-E. On voit que la bande volcanique se prolonge d'abord à travers les Iles de l'Amirauté, la Nouvelle-Bretagne, les Iles Salomon, une partie de la Nouvelle-Guinée, et s'étend ensuite jusqu'à la Nouvelle-Zélande. A l'est de la Nouvelle-Bretagne, il existe un volcan d'où, en 1700, s'échappa un courant de lave incandescente

(*) Macclelland, Report on Coal and Min. Resources of India. (Rapport sur les mines de houille et les autres richesses minérales de l'Inde, par Macclelland.) Calcutta, 1838.

que Dampier vit descendre jusqu'à la mer; et dans la Nouvelle-Zélande, par 37° de lat. S., un volcan brûlant, désigné sous le nom de White Island, a été récemment découvert.

L'énumération de toutes les régions volcaniques de l'Océan Pacifique et de la Mer des Indes me conduirait bien au-delà des limites qui conviennent à cet ouvrage: aussi me bornerai-je, quant à présent, à renvoyer le lecteur au dernier chapitre du volume précédent qui traite des récifs de coraux. Il y verra que les îles de la Mer Pacifique consistent en groupes linéaires formant deux classes. Ces groupes, qui alternent entre eux, tantôt sont élevés et renferment des volcans en activité, ainsi que des strates marines dont le niveau, supérieur à celui de la mer, a été exhaussé dans les temps modernes; tantôt, au contraire, il sont très bas et consistent en récifs de coraux, ayant ordinairement une lagune dans leur centre, et offrant des signes manifestes de l'abaissement du sol.

Région volcanique s'étendant depuis l'Asie Centrale jusqu'aux Açores. — Une autre grande ligne volcanique s'étend à travers une vaste partie de l'Asie Centrale jusqu'aux Açores, c'est-à-dire depuis la Chine et la Tartarie jusqu'au Caucase et aux régions avoisinant la Mer Noire, en passant par le

Lac Aral et la Mer Caspienne ; elle traverse ensuite une partie de l'Asie-Mineure jusqu'à la Syrie ; puis atteint, vers l'ouest, l'Archipel Grec, la Grèce, Naples, la Sicile, la partie méridionale de l'Espagne, le Portugal et les Açores.

Quant à l'extrémité orientale de cette ligne qui pénètre dans la Chine, on ne possède encore que fort peu d'informations à son égard, bien que l'on sache que plusieurs tremblements de terre violents ont eu lieu dans cette contrée. Le volcan que l'on dit avoir fait éruption dans la Tartarie Centrale pendant le septième siècle est situé sur la pente septentrionale des Montagnes Célestes, à peu de distance du grand lac Issi-Koul, et M. de Humboldt cite, dans la même région, plusieurs autres ouvertures volcaniques et solfatares qui méritent d'être remarquées comme étant beaucoup plus éloignées de l'océan (leur distance à la mer est de 260 milles géographiques) qu'aucun des autres points connus d'éruption.

Sur les rives occidentales de la Mer Caspienne on rencontre, aux alentours de Bakou, un espace désigné sous le nom de Champ-de-Feu, d'où se dégage incessamment un gaz inflammable ; le même district renferme aussi des sources de naphte et de pétrole, ainsi que des volcans de boue. Dans la chaîne d'Elbours, au midi de cette mer, il existe

une haute montagne qui, suivant Morier, laisse parfois échapper de la fumée; à sa base, on observe plusieurs petits cratères d'où l'on tire assez de soufre et de salpêtre, pour en faire un objet de commerce. De violentes secousses souterraines se sont fait sentir le long des bords de la Caspienne; et, suivant Engelhardt et Parrot, le fond de cette mer a, dans les temps modernes, subi des changements dans sa forme. Les mêmes observateurs ont reconnu que l'Ile d'Idak, située dans le voisinage de la côte méridionale et au nord d'Asterabad, se trouve aujourd'hui très basse, après avoir été autrefois fort élevée (*).

Les steppes de la Caspienne, qui consistent en plaines couvertes de coquilles récentes, et qui sont terminées par des bancs de galets et des lignes de falaises intérieures, attestent d'anciens changements dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer; d'un autre côté, Pallas a tâché d'établir qu'un ancien détroit qui, jadis, faisait communiquer la Mer Caspienne avec la Mer d'Azof, est encore indiqué par une étendue basse couverte de sable.

De nombreux tremblements de terre ont, dans les temps modernes, donné lieu à des fissures et à

(*) Travels in the Crimea and Caucasus, in 1815. (Voyages en Crimée et au Caucase, en 1815), vol. I, p. 257 et 264. — De Hoff, vol. I, p. 137.

l'affaissement du sol, dans la région comprise entre la Mer Caspienne et la Mer Noire, ainsi que dans la chaîne du Caucase, et à Tiflis principalement (*). Les districts qui avoisinent le Caucase renferment un grand nombre de sources chaudes et d'eaux minérales. En 1814, des éruptions volcaniques donnèrent naissance à une île nouvelle dans la Mer d'Azof; et Pallas rapporte que, vis-à-vis de Temriouk, dans la même région, une éruption sous-marine, accompagnée d'un bruit semblable à celui du tonnerre, et d'une émission de feu, de fumée, de boue et de pierres, eut lieu en 1799. Au moment où ce phénomène se passait, de violents tremblements de terre se faisaient sentir à de grandes distances de Temriouk. Enfin, les environs d'Erzeroum offrent des traces de bouleversements semblables.

La Syrie et la Palestine présentent aussi de nombreux indices de phénomènes volcaniques, et de vastes étendues de ces régions ont, à diverses époques, été ébranlées par des tremblements de terre qui détruisirent plusieurs villes, et occasionnèrent la mort d'un grand nombre d'individus. L'histoire fait souvent mention des ravages exercés par des tremblements de terre à Sidon, à Tyr, à Berytus, à Laodicea, à Antioche et dans l'île de Chypre; et, suivant les récits de voyageurs modernes, les en-

(*) De Hoff, vol. II, p. 210.

virons de la Mer Morte doivent être considérés comme étant d'une nature volcanique. Les Grecs avaient donné le nom de Catacecauméné, c'est-à-dire, région brûlée, à un district voisin de Smyrne, dans l'Asie-Mineure, où se trouve un vaste territoire aride, sans arbres, et dont le sol est couvert de scories (*).

Archipel Grec. — En avançant vers l'ouest, on rencontre l'Archipel Grec, où l'Ile de Santorin, que nous décrirons plus loin, est le grand centre de l'action volcanique. Au nord-ouest de Santorin, on observe un autre volcan dans l'Ile de Milo. Son aspect indique une formation récente, et son cratère central renferme une solfatare en pleine activité. On y remarque aussi plusieurs sources d'eau bouillante et de vapeur. En suivant la même ligne, on arrive à cette partie de la Morée où, selon le témoignage de plusieurs auteurs anciens, Hélice et Bura furent englouties dans la mer par un tremblement de terre, 373 avant J.-C.; et Ovide prétend qu'on voyait sous les eaux les murs de ces deux villes. Près du même point, mais de notre temps (1817), Vatitza fut réduite en ruines par l'effet d'une secousse souterraine (**). A Methone (aujourd'hui Modon), en

(*) Strabon, éd. Fal., p. 900.
(**) De Hoff, vol. II, p. 172.

Messénie, une éruption donna lieu aussi, trois siècles avant notre ère, à la formation d'une grande montagne volcanique que Strabon représente comme ayant à peu près quatre mille pieds (plus de 1200^{m}) de hauteur, — mesure qui ne doit être admise qu'après vérification. On a supposé que les récits relatifs à la formation d'une montagne, dans les environs de Trézène, à une époque inconnue, se rapportent au même événement.

M. de Buch pensait que les volcans de la Grèce étaient disposés sur une ligne se dirigeant du N.-N.-O. au S.-S.-E., ainsi que les représente la carte, Pl. VI, et qu'ils offraient le seul exemple de volcans actifs qui, en Europe, eussent une direction linéaire (*); mais M. Virlet assure, au contraire, d'après les observations qu'il a faites lors de la dernière expédition Française en Morée, qu'en Grèce les phénomènes volcaniques ne présentent pas une seule ligne de direction bien déterminée, soit que l'on considère les points d'éruption, les tremblements de terre, ou tous autres effets de l'action ignée (**).

La Macédoine, la Thrace et l'Épire ont, de tout

(*) Voir la planche qui représente les lignes volcaniques, p. 22.

(**) Virlet, Bulletin de la Soc. Géol. de France, tom. III, p. 109.

temps, été sujettes à des tremblements de terre, et les Iles Ioniennes éprouvent des secousses continuelles.

Traditions de Déluges.—Les traditions relatives aux grandes inondations que l'on dit avoir eu lieu en Grèce, ainsi que sur les confins des établissements Grecs, et qui, des âges les plus reculés, sont parvenues jusqu'à nous, ont eu, sans doute, pour origine quelque série de catastrophes locales dues, pour la plupart, à des tremblements de terre. Les fréquentes migrations des premiers habitants de cette contrée, et le manque absolu de documents écrits, même longtemps après la colonisation de chacun des pays où se sont passés ces événements, nous mettent dans l'impossibilité de déterminer avec certitude les localités où ils ont eu lieu, et leur date probable. Les premiers philosophes Grecs qui ont écrit, ont donc dû se trouver aussi embarrassés que nous le sommes nous-mêmes, pour former quelques conjectures raisonnables à cet égard, ou pour juger combien de catastrophes ont pu quelquefois se trouver confondues dans le même récit, et jusqu'à quel point ce récit peut, dans la suite des temps, avoir été amplifié ou obscurci par les fictions mythologiques. Les déluges d'Ogygès et de Deucalion sont généralement considérés comme antérieurs à la guerre de

Troie : le premier eut lieu, dit-on, plus de dix-sept cents ans avant J.-C., et l'autre, plus de quinze siècles avant cette même époque. Le déluge d'Ogygès passe pour avoir occasionné les plus grands désastres dans l'Attique, et a été attribué par plusieurs auteurs à un grand débordement de rivières — cause à laquelle Aristote rapporte aussi le déluge de Deucalion, qui, suivant lui, n'exerça ses ravages que dans l'Hellas, c'est-à-dire dans la partie centrale de la Thessalie. D'autres auteurs ont attribué cet événement à un tremblement de terre qui renversa des masses de roche, et arrêta le cours du Pénée dans le défilé étroit situé entre le mont Ossa et le mont Olympe.

Quant au déluge de la Samothrace, que l'on rapporte généralement à une époque différente, il donna lieu à l'inondation des rivages de cette petite île et de la partie voisine du continent Asiatique, par les eaux de la mer. Suivant Diodore de Sicile, les habitants eurent le temps de se réfugier sur les montagnes, et d'échapper par la fuite au danger qui les menaçait. Le même auteur dit aussi que, longtemps après l'événement, les pêcheurs de l'île ramenèrent dans leurs filets des chapiteaux de colonnes — « seuls restes des villes submergées par cette terrible catastrophe (*). » On ne

(*) Livre V, ch. XLVI. — Voyez la lettre de M. Virlet,

saurait douter, d'après de tels récits, qu'à cette époque il ne se soit réellement produit un abaissement de la côte, accompagné de tremblements de terre et d'invasions de la mer; et il n'y aurait rien d'impossible à ce que la tradition de l'irruption de la Mer Noire dans le Bosphore de Thrace, qui eut lieu au moment du déluge de la Samothrace, et qui même, suivant quelques auteurs, fut la cause de cet événement, eût rapport à une vague, ou à une série de vagues, qu'aurait soulevées dans l'Euxin la même convulsion.

On sait que les mouvements souterrains et les éruptions volcaniques sont souvent accompagnés non seulement d'invasions de la mer, mais aussi de pluies considérables et d'un dérangement complet dans le système des cours d'eau de la contrée; de l'obstruction des issues des lacs par des éboulements, et du barrage des cours d'eau souterrains, tels qu'il s'en trouve un si grand nombre en Thessalie et en Morée. On ne doit donc pas être surpris de la diversité des causes auxquelles Hérodote, Aristote, Diodore, Strabon, et plusieurs autres auteurs, ont attribué les déluges traditionnels de la Grèce. Quant à l'étendue de la surface sur laquelle ils se répandirent, si, au lieu d'avoir été

insérée dans le Bulletin de la Société Géol. de France, tome II, p. 341.

restreints à certaines localités, et répartis en plusieurs siècles, ils s'étaient manifestés tous à la fois, et sur les régions comprises, d'une part, entre le Pont-Euxin et la limite S.-O. du Péloponèse, et de l'autre, entre Rhodes et la Macédoine, les ravages qu'ils ont exercés eussent été encore moins considérables que ceux auxquels le Chili se trouva exposé lors de l'éruption volcanique qui, en 1835, eut lieu dans les Andes, vis-à-vis de Chiloé, et de celle qui éclata à Juan Fernandez, c'est-à-dire à la distance de 720 milles géographiques, en même temps qu'à 400 milles à l'est de cette île, plusieurs cônes élevés des Cordilières projetaient de la vapeur et des matières ignées. Sur une grande partie de l'espace qui, dans l'Amérique du Sud, a été ainsi récemment ébranlé, des villes entières ont été transformées en ruines; le sol a subi un exhaussement permanent, et des vagues semblables à des montagnes se sont précipitées de l'Océan Pacifique dans l'intérieur des terres.

Quant à ce qui regarde l'Italie Méridionale, la Sicile et les Iles Lipari, je ne m'y arrêterai pas en ce moment, devant avoir, plus tard, occasion d'y revenir. Je dirai seulement qu'une ligne volcanique a été suivie en Italie par le docteur Daubeny, depuis Ischia jusqu'au Mont Vultur, en Apulie. Cette ligne, qui commence aux sources thermales

d'Ischia, se prolonge à travers le Vésuve jusqu'au Lac d'Ansanto, où se dégagent des gaz semblables à ceux du Vésuve, et se termine au Mont Vultur, dont le cône élevé se compose de tuf et de lave; un des côtés de cette montagne laisse échapper de l'acide carbonique et de l'hydrogène sulfuré (*).

Alternance périodique de tremblements de terre en Syrie et dans la partie méridionale de l'Italie. — M. de Hoff a remarqué que depuis le commencement du treizième siècle jusqu'à la dernière moitié du dix-septième, il y eut cessation presque complète de tremblements de terre en Syrie et en Judée; mais que, pendant cet intervalle de repos, l'Archipel, une partie de la côte adjacente de l'Asie-Mineure, l'Italie Méridionale et la Sicile ressentirent un grand nombre de tremblements de terre, tandis que les mêmes régions étaient rarement le théâtre d'éruptions volcaniques. Une comparaison plus étendue de l'histoire des phénomènes souterrains de ces contrées semble aussi confirmer l'opinion qu'une crise violente de commotions n'a jamais lieu dans chacune d'elles à la fois. D'un autre côté, comme on ne peut que très rarement faire remonter une série continue d'événements au-delà d'un petit

(*) Daubeny on Mount Vultur. (Sur le Mont Vultur, par Daubeny. Ashmolean Memoirs. Oxford, 1835.

nombre de siècles, il est, jusqu'à présent, resté impossible de décider si, dans cette région, aussi bien que dans d'autres, le phénomène en question est constant; ce qu'on sait seulement d'une manière positive, c'est que, lorsque de nombreuses ouvertures volcaniques sont groupées ensemble dans un espace peu étendu, comme dans tel ou tel Archipel, deux d'entre elles ne sont jamais à la fois dans un violent état d'éruption. Si l'une, par exemple, déploie pendant un siècle, ou plus, une grande énergie, les autres prennent dès lors l'aspect de volcans éteints. Il n'y a donc rien d'improbable à ce que différentes portions d'une même grande ligne de feux volcaniques correspondent avec un foyer situé à une grande profondeur, de la même manière que les ouvertures d'un petit groupe correspondent avec quelque fissure ou quelque cavité plus superficielle; et, par suite, on peut supposer qu'à une distance comparativement très petite de la surface, Ischia et le Vésuve communiquent mutuellement avec certaines fissures, et que chacun de ces volcans sert alternativement d'issue aux fluides élastiques et à la lave qui se développent dans ces localités. D'après une supposition analogue, on peut admettre que l'Italie Méridionale et la Syrie correspondent, à une profondeur bien plus considérable, avec quelque partie inférieure du même système de fissures, — cas auquel le moindre ob-

stacle qui se rencontrerait dans l'un des conduits pourrait avoir pour effet de faire monter dans l'autre presque toute la vapeur et la matière fondue qui, si elles ne trouvaient point d'issue, donneraient lieu probablement à de violentes secousses souterraines.

La partie nord-est de l'Afrique qui comprend l'Égypte, située à six ou sept degrés au sud de la ligne volcanique dont nous avons déjà parlé, a, presque toujours, été exempte de tremblements de terre : mais la partie nord-ouest, Fez et Maroc principalement, qui se trouvent en-deçà de la ligne, souffrent beaucoup parfois de ce terrible fléau. La partie méridionale de l'Espagne et le Portugal en ont aussi généralement ressenti les effets, en même temps que l'Afrique Septentrionale. En Espagne, les provinces de Malaga, de Murcie, de Grenade, et en Portugal le district voisin de Lisbonne, ont, à plusieurs époques, été ravagés par d'affreux tremblements de terre. On verra plus loin que, suivant Michell, le premier mouvement de la grande secousse qui eut lieu à Lisbonne, en 1755, vint du lit de la mer, à dix ou quinze lieues de la côte. Lorsque, le 2 février 1816, une autre violente secousse se manifesta à Lisbonne, deux vaisseaux qui se trouvaient en mer, à l'ouest de cette ville, ressentirent un choc, bien que l'un d'eux fût à 120, et l'autre à 262 lieues Françaises

de la côte (*). Ce fait est d'autant plus digne de remarque que, si une ligne tirée à travers l'Archipel Grec, la région volcanique de l'Italie Méridionale, la Sicile, la partie sud de l'Espagne et le Portugal, était prolongée vers l'ouest à travers l'océan, elle rencontrerait le groupe volcanique des Açores, qui, suivant toute probabilité, a une liaison sous-marine avec la ligne Européenne. Peut-on admettre que l'île de Madère, qui a été sujette à de violents tremblements de terre, et les Iles Canaries, où se sont produites de fréquentes éruptions volcaniques, peuvent communiquer sous les eaux, avec la même grande région ? C'est une question à laquelle, jusqu'à présent, il n'est possible de répondre que par des conjectures.

Quant au système volcanique de l'Europe Méridionale, nous ferons remarquer qu'il renferme une étendue centrale où non seulement se manifestent les tremblements de terre les plus violents, mais où l'on rencontre des roches disséminées, des montagnes déchirées, des villes en ruines, et dans laquelle, enfin, la surface est élevée ou déprimée. De chacun des côtés de cette ligne où les phénomènes se produisent avec le plus d'intensité, on observe des bandes parallèles où les secousses sont moins vio-

(*) Verneur, Journal des Voyages, tome IV, page 111. — De Hoff, vol. II, p. 275.

lentes. Plus loin encore (comme dans la partie septentrionale de l'Italie qui s'étend au pied des Alpes), il se trouve des espaces où les chocs sont beaucoup plus rares et plus faibles, quoique pourtant ils puissent, par l'effet d'une répétition continue, acquérir une force suffisante pour donner lieu à quelque modification appréciable dans la forme extérieure de l'écorce terrestre. Enfin, au-delà de ces limites, toutes les contrées sont sujettes à de légères secousses de loin en loin, c'est-à-dire lorsque quelque grande crise de mouvement souterrain se manifeste dans une région volcanique adjacente; mais ces secousses peuvent être considérées comme de simples vibrations se propageant mécaniquement à travers l'enveloppe extérieure du globe, à la manière dont les sons se transmettent jusqu'à des distances presque indéfinies dans l'air. Des chocs de cette nature ont été ressentis en Angleterre, en Écosse, dans la partie septentrionale de la France et en Allemagne, surtout pendant le tremblement de terre de Lisbonne. Toutefois on ne peut pas plus considérer ces contrées comme faisant partie de la région volcanique du sud que l'on ne peut regarder les Shetland et les Orcades comme appartenant au cercle Islandais, par la seule raison que les sables provenant des éruptions de l'Hécla ont été transportés sur ces îles par les vents.

Indépendamment des zones continues de perturbations souterraines dont nous venons de tracer l'esquisse, il existe d'autres groupes volcaniques détachés, dont plusieurs seront mentionnés plus loin.

De la distinction qu'il faut établir entre les lignes de volcans en activité et celles de volcans éteints. — On doit toujours s'appliquer à distinguer les lignes de volcans éteints et celles de volcans en activité, là même où elles semblent courir dans une même direction ; car, ainsi que nous en avons déjà la preuve, les systèmes anciens et modernes peuvent interférer entre eux. Ce n'est donc point par la position géographique, mais seulement par les espèces d'êtres organisés, aquatiques ou terrestres, dont certaines couches, interstratifiées avec les laves, renferment les débris, que l'on peut reconnaître avec certitude l'âge relatif des volcans dont aucune éruption n'est enregistrée. Si la partie méridionale de l'Italie n'avait été connue des nations civilisées que depuis aussi peu de temps que l'Amérique, nous n'aurions eu aucun document écrit relativement aux éruptions d'Ischia ; toutefois il eût été possible de s'assurer que les laves de cette île avaient coulé depuis que la Méditerranée s'était trouvée peuplée par les espèces de testacés qui vivent

actuellement dans les mers voisines de Naples, et dès lors on eût pu, sans invraisemblance, ranger les nombreux cratères d'Ischia dans le groupe volcanique moderne de la Campanie.

Des considérations semblables nous portent à conclure que les éruptions de l'Etna et les tremblements de terre récents de la Calabre ne sont autre chose qu'une continuation de la même action qui, à une époque un peu plus ancienne, donna naissance aux laves sous-marines du Val di Noto, en Sicile. D'un autre côté, les laves des Monts Euganéens et du Vicentin, tout en ne se trouvant pas entièrement au-delà de la ligne de tremblements de terre de l'Italie Septentrionale, ne doivent être confondues avec celles d'aucun système volcanique actuel; car à l'époque où elles coulèrent, les mers étaient peuplées d'êtres différents, pour la plupart, de ceux qui habitent aujourd'hui la Méditerranée, ou même toute autre partie du globe.

CHAPITRE II.

DISTRICT VOLCANIQUE DE NAPLES.

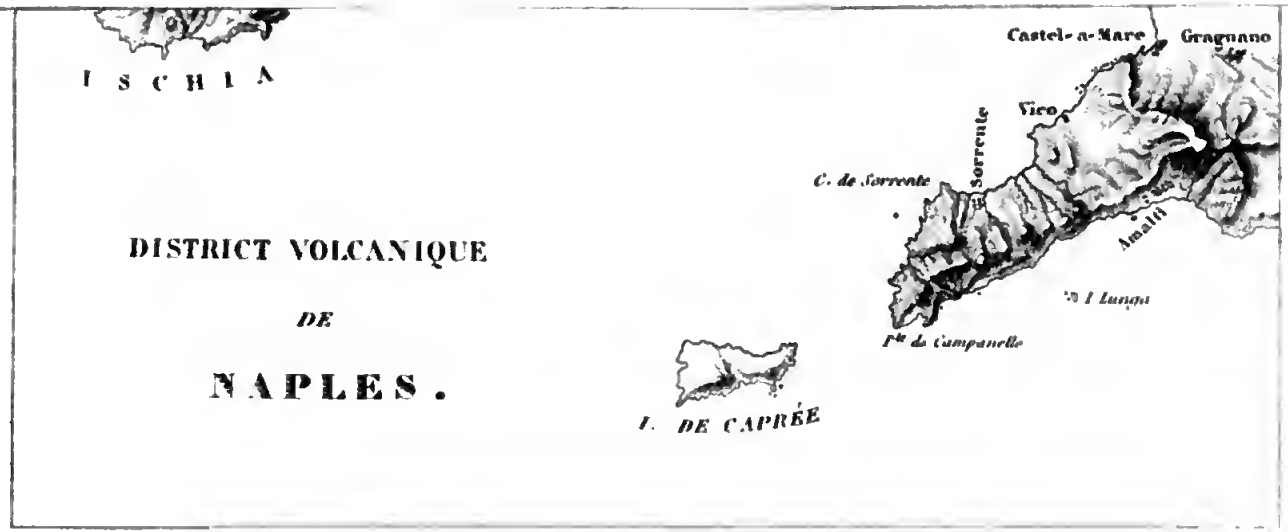
Histoire des éruptions volcaniques qui ont eu lieu dans le district voisin de Naples. — Convulsions dont Ischia a été jadis le théâtre. — Du grand nombre de cônes produits dans cette île. — L'Epomeo ne doit pas être considéré comme un volcan permanent. — Lac Averne. — La Solfatare. — Renouvellement des éruptions du Vésuve, en l'an 79 de J.-C. — Description faite par Pline de ces phénomènes. — Remarques sur son silence à l'égard de la destruction d'Herculanum et de Pompéi. — Le Vésuve après cet événement. — Courant de lave répandu sur l'île d'Ischia, en 1302. — Repos dans les éruptions du Vésuve. — Formation du Monte Nuovo. — Conformité entre les phénomènes volcaniques du Vésuve et ceux des Champs Phlégréens aux époques anciennes et dans les temps modernes.

Je vais actuellement esquisser l'histoire de quelques unes des ouvertures volcaniques dispersées sur les grandes régions qui viennent d'être décrites, et examiner la composition et l'arrangement des laves et des autres matières qu'elles ont émises. La seule

région volcanique connue des anciens était celle de la Méditerranée ; encore ne nous ont-ils transmis que des détails très incomplets sur les éruptions des trois districts principaux de cette région, savoir : celui qui avoisine Naples, celui qui comprend la Sicile avec les îles qui en dépendent, et celui de l'Archipel Grec. La série d'annales qui offre le plus de suite pendant une longue période se rapporte au premier de ces districts. Or, ces annales ne sauraient être étudiées trop attentivement, les renseignements que fournit l'histoire étant indispensables pour donner une idée précise de la liaison et de l'alternance qu'on observe dans le mode d'action des diverses ouvertures d'un même groupe volcanique.

Convulsions dont Ischia a été jadis le théâtre. — Les volcans Napolitains s'étendent depuis le Vésuve, à travers les Champs Phlégréens, jusqu'aux îles de Procida et d'Ischia, et suivent une direction à peu près linéaire, du N.-E. au S.-O., ainsi qu'on le verra dans la carte ci-jointe du district volcanique de Naples (Pl. 7.). Dans l'espace qui vient d'être indiqué, la force volcanique se manifeste quelquefois par les éruptions isolées d'un nombre considérable de points irrégulièrement disséminés ; mais une grande partie de son action est restreinte à une ouverture principale dont les

Fig. 1. *Planche VII.*



Gravé par Benard

éruptions sont en quelque sorte incessantes, je veux parler du Vésuve, ou de la Somma. Avant l'ère Chrétienne, dans les temps les plus reculés dont la tradition nous ait conservé quelque souvenir, cette ouverture principale était dans un état complet d'inactivité. Mais, plus tard, d'effroyables convulsions se manifestèrent de temps à autre à Ischia (Pithecusa), et s'étendirent même probablement jusqu'à Procida (Prochyta), l'île voisine, qui, suivant Strabon (*), passait pour avoir été formée aux dépens d'Ischia; Pline (**), de son côté, attribue l'origine du nom de cette île à ce qu'elle a été produite par une éruption d'Ischia.

La circonférence actuelle d'Ischia, prise du bord de l'eau, est de dix-huit milles (6l); sa longueur, de l'ouest à l'est, de cinq milles (1l $\frac{2}{3}$) environ, et sa largeur, du nord au sud, de trois milles (1l). Plusieurs colonies Grecques qui s'établirent dans cette île, avant l'ère Chrétienne, furent forcées de l'abandonner par suite de la violence de ses éruptions. On rapporte que les Erythréens d'abord, et les Chalcidiens ensuite, en furent chassés par des tremblements de terre et par les exhalaisons brûlantes qui s'en dégageaient. Plus tard, c'est-à-dire environ 380 ans avant J.-C., Hiéron, roi de Syra-

(*) Lib. V.
(**) Nat. Hist. lib. III, c. 6.

cuse, y fonda une colonie; mais à peine les colons y eurent-ils bâti une forteresse, qu'une éruption les obligea de fuir, sans que par la suite ils y revinssent jamais. Strabon rapporte que Timée a cité une tradition d'après laquelle, peu avant son temps, Epomeo, la principale montagne placée au centre d'Ischia, avait vomi du feu pendant que de fortes secousses souterraines s'étaient fait sentir; de grandes quantités de matières ignées, émises entre l'île et la côte, coulèrent dans la mer, qui, après s'être retirée de trois stades, avait, en revenant, englouti l'île. Quelques auteurs ont supposé que c'est cette éruption qui donna naissance au cratère du Monte Corvo, sur une des pentes les plus élevées de l'Epomeo, au-dessus de Foria, dont le courant de lave peut être encore suivi, à l'aide des scories qu'on observe à sa surface, depuis le cratère jusqu'à la mer.

La formation du Monte Rotaro, dont tout atteste l'origine récente, a été attribuée à une des éruptions postérieures qui eurent lieu dans les parties basses de l'île, et qui déterminèrent la retraite de la première colonie Grecque. Au sommet du cône, qui est d'une régularité remarquable, se trouve un cratère tout-à-fait analogue à celui du Monte Nuovo près de Naples; mais la colline a plus d'étendue, et ressemble à quelques uns des plus grands cônes

d'éruption isolés qu'on observe aux environs de Clermont, en Auvergne; de même que plusieurs d'entre eux, elle a donné issue à un courant de lave, non par son sommet, mais par sa base. Un petit ravin, dans lequel coule un torrent, met à nu la structure du cône, qui se compose d'une multitude de couches, inclinées et légèrement ondulées, de ponce, de scories, de lapilli blancs, et d'énormes blocs angulaires de trachyte. Ceux-ci ont bien évidemment été détachés de la montagne par de violentes explosions, telles que celles qui, en 1822, lancèrent du Vésuve une masse de lave augitique de plusieurs tonneaux pesant, qui alla tomber dans le jardin du prince Ottajano, à une distance de trois milles (1[1]). Le cône du Rotaro est couvert d'arbousiers et de divers autres arbres toujours verts. La vigueur de ce sol vierge est telle que les arbustes y sont devenus presque arborescents; et quelques unes des petites plantes sauvages qui y végètent ont pris un développement si extraordinaire, que les botanistes ont eu beaucoup de peine à en reconnaître les espèces.

On suppose que l'éruption qui obligea la colonie de Syracuse à se retirer a donné naissance au grand courant qui forme les promontoires de Zaro et de Caruso. La surface du sol étant encore très aride, hérissée de laves et couverte de scories noires,

on conçoit que ce n'est qu'après un travail opiniâtre que l'industrie humaine est parvenue à en dégager quelques portions pour les convertir en vignes. Le produit de ces vignes suffit presque entièrement à l'entretien de la population de l'île, qui, aujourd'hui, s'élève à près de 25,000 âmes, et est encore en voie d'augmentation.

Depuis la date de la dernière grande éruption dont nous venons de faire mention, jusqu'à notre époque, Ischia a joui d'un état de tranquillité qui n'a été interrompu que par une seule émission de lave dont nous donnerons plus loin la description, et qui, bien qu'elle ait occasionné localement un dommage considérable, ne paraît pas avoir ravagé la totalité du pays, comme l'avaient fait certaines autres éruptions plus anciennes. On compte, en tout, sur différents points de l'Epomeo, ou disséminés sur les parties les plus basses d'Ischia, douze grands cônes volcaniques qui se sont formés depuis que l'île s'est élevée au-dessus du niveau de l'Océan; plusieurs courants de lave peuvent aussi, comme celui de « l'Arso » en 1302, avoir coulé sans produire de cônes; de sorte qu'il est probable que pendant plusieurs siècles avant l'époque des traditions les plus anciennes, cette île a servi de soupape de sûreté à toute la Terre de Labour, alors que les feux du Vésuve étaient assoupis.

Lac Averne. — Il semble non moins évident que l'Averne, ce lac circulaire, situé près de Pouzzole, qui a environ un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de l.) de circonférence, et qui, actuellement, est un lieu aussi riant que salubre, exhalait autrefois des vapeurs méphitiques, telles que celles qui sortent souvent des volcans après les éruptions. Rien donc n'autorise à révoquer en doute l'assertion de Lucrèce, dans laquelle il prétend que les oiseaux ne pouvaient voler au-dessus des eaux de ce lac sans être asphyxiés, bien qu'aujourd'hui ils le fréquentent impunément (*). Tout porte à croire qu'à une certaine époque le cratère était en activité, et il se pourrait que pendant plusieurs siècles après cette époque, il eût justifié le nom de « atri janua Ditis, » les gaz qu'il émettait se trouvant, peut-être, d'une nature aussi malfaisante pour les animaux que ces vapeurs suffocantes qui, en 1797, se dégagèrent du lac Quilotoa, dans la Province de Quito, et firent périr sur ses rivages des troupeaux entiers de bétail (**), ou que les émanations délétères qui, en 1730, détruisirent tout le bétail dans l'Ile de Lancerote, une des Canaries (***). M. Bory de Saint-Vincent rap-

(*) De Rerum Naturâ VI, 740. — Forbes, on Bay of Naples, Edin. Journ. of Sci. (Sur le Golfe de Naples, par Forbes, Journal des Sciences d'Édimbourg), N° III, nouvelle série, p. 87, janvier, 1830.

(**) Humboldt, voy. Ch. VI de ce volume.

(***) Von Buch, Uber einen vulcanischen Ausbruch auf der Insel Lanzerote.

porte que dans la même île on a vu des oiseaux tomber sans vie sur le sol; et sir William Hamilton nous apprend qu'au moment d'une éruption, il a ramassé des oiseaux morts sur le Vésuve.

Solfatare. — La Solfatare, située près de Pouzzole, peut être, en quelque sorte, considérée comme un cratère éteint. Il paraît, à en juger par les récits de Strabon et de plusieurs autres auteurs, qu'avant l'ère Chrétienne, elle se trouvait dans un état fort analogue à celui où elle est aujourd'hui, émettant continuellement des vapeurs aqueuses, accompagnées de gaz acides sulfureux et muriatique, comme ceux qui se dégagent du Vésuve.

Histoire ancienne du Vésuve. — Après avoir passé en revue les différents points par où les feux souterrains de la région du Vésuve se sont frayé une issue, depuis les temps les plus reculés que nous transmet la tradition, jusqu'au premier siècle de notre ère, nous allons actuellement considérer la crise qui a eu lieu dans l'action volcanique de ce même district, — un tel événement étant sans contredit un des plus intéressants de ceux dont l'homme a été témoin dans la courte période pendant laquelle il a pu observer les changements physiques qui se sont produits à la surface de la

terre. Depuis l'époque de la première colonisation de l'Italie Méridionale par les Grecs, le Vésuve n'a donné d'autres signes de son caractère volcanique que ceux que le naturaliste pouvait prévoir, d'après l'analogie de sa structure avec celle de plusieurs autres volcans. Ils furent reconnus par Strabon ; mais Pline ne fait point mention de la montagne dans sa liste des volcans actifs. L'ancien cône était d'une forme très régulière ; il ne se terminait pas, comme aujourd'hui, par deux pics, mais par un sommet très aplati, où un ancien cratère, presque comblé, avait laissé une légère dépression ; l'intérieur de cette dépression était tapissé de vignes sauvages, et au fond se trouvait une plaine stérile. Des champs fertiles, cultivés avec le plus grand soin, recouvraient les flancs extérieurs de la montagne, à la base de laquelle s'étendaient les cités populeuses d'Herculanum et de Pompéi. Mais cette scène de repos cessa enfin, et le feu volcanique se trouva rappelé à l'ouverture principale, qui, à quelque ancienne époque inconnue, avait livré passage à de nombreux courants de lave fondue, de sable et de scories.

Renouvellement des éruptions du Vésuve. — Le premier symptôme du réveil de ce volcan fut un tremblement de terre qui eut lieu en l'an 63 de l'ère Vulgaire, et occasionna de grands ravages

dans les villes voisines. Depuis cette époque jusqu'en 79, de légères secousses se firent sentir; mais, au mois d'août de cette même année, elles devinrent plus nombreuses et plus violentes, et se terminèrent par une éruption. Pline l'aîné, qui commandait la flotte Romaine, alors en station à Misène, eut le désir d'être encore une fois témoin de ce magnifique phénomène; mais ce désir lui coûta la vie: il fut asphyxié par des vapeurs sulfureuses. Son neveu, Pline le Jeune, qui demeurait à Misène, nous a donné, dans ses Lettres, une description animée de cette scène terrible. On vit d'abord une épaisse colonne de fumée s'élever du Vésuve verticalement, puis s'étendre latéralement, de telle sorte que sa partie supérieure ressemblait à la tête d'un pin, et sa partie inférieure au tronc de ce même arbre, qui caractérise, comme on sait, les paysages d'Italie. Ce nuage noir s'entr'ouvrait quelquefois pour livrer passage à des flammes dont la vivacité pouvait se comparer à celle de l'éclair; mais à cette éblouissante clarté succédait une obscurité plus profonde que celle de la nuit. Des cendres furent transportées jusque sur les vaisseaux qui stationnaient à Misène, et leur accumulation donna naissance à un haut fond; — le sol fut ébranlé, et la mer s'éloigna des rivages, ce qui permit de voir plusieurs animaux marins, laissés à sec sur le sable. Or, tous ces

phénomènes s'accordent parfaitement avec ceux qui se sont manifestés dans des éruptions plus récentes, telles que celles du Monte Nuovo en 1538, et du Vésuve en 1822.

Silence de Pline à l'égard de la destruction d'Herculanum et de Pompéi. — Une uniformité frappante se fait remarquer dans les phénomènes volcaniques de tous les temps et de tous les pays; mais une chose fort singulière, c'est que Pline, qui donne des détails très circonstanciés sur un grand nombre de faits physiques, et qui décrit l'éruption, le tremblement de terre, ainsi que la pluie de cendres qui tomba à Stabies, ne fait pas mention de l'engloutissement subit des deux grandes et populeuses villes d'Herculanum et de Pompéi. Tous les naturalistes qui ont cherché dans les anciens mémoires des renseignements sur les événements physiques qui ont eu lieu jadis, ne doivent pas avoir été moins surpris de l'indifférence avec laquelle les faits les plus mémorables sont souvent passés sous silence par des auteurs qui, pourtant, ont écrit dans des siècles éclairés, que de l'exagération extraordinaire qui, dans les temps d'ignorance et de superstition, se remarque habituellement dans les traditions relatives à des événements semblables. Mais, de toutes les omissions que l'on

puisse reprocher à un historien, aucune n'est plus frappante que celle que nous signalions tout-à-l'heure. Elle ne se trouve, du reste, nullement justifiée par la supposition que Pline le Jeune, dans sa narration, avait surtout pour but de donner à Tacite le détail circonstancié des particularités qui accompagnèrent la mort de son oncle. Si les villes englouties n'eussent pas été découvertes, les récits qui nous sont parvenus de leur fin tragique auraient été révoqués en doute par le plus grand nombre, tant ils sont vagues et généraux, ou tant ils sont éloignés de l'époque de l'événement. Lorsque Tacite, l'ami et le contemporain de Pline, fait allusion, en termes généraux, aux convulsions souterraines qui donnèrent lieu à cette catastrophe, il dit simplement que « des villes furent consumées ou englouties (*). »

Quoique parlant incidemment de l'éruption, Suétone garde le silence à l'égard des villes; Martial, dans une épigramme, les indique comme ayant été enfouies dans des scories; mais le premier historien qui en fasse mention, en les désignant par leur nom, est Dion Cassius (**), qui florissait un siècle et demi environ après Pline. Il paraît avoir puisé ses renseignements dans les traditions des habitants, et

(*) Haustæ aut obrutæ urbes » Hist. Lib. I.
(**) Hist. Rom. Lib. 66.

avoir cité indistinctement tous les faits et toutes les fables qu'il put recueillir. Ainsi, il dit que, « pendant l'éruption, une multitude d'hommes, ressemblant à des géants par leur taille extraordinaire, apparaissaient tantôt sur la montagne, et tantôt dans les environs, — que le volcan vomissait des pierres et de la fumée, — que le soleil se cachait, et que, tandis que les sons de la trompette se faisaient entendre, les géants semblaient grandir encore, etc., etc.; » enfin, il rapporte que « deux villes entières, Herculanum et Pompéi, furent englouties sous des pluies de cendres, pendant que le peuple prenait place au théâtre. » Il est facile de juger, même sans le secours des Lettres de Pline, que plusieurs de ces circonstances sont fabuleuses; d'un autre côté, l'examen d'Herculanum et de Pompéi suffit pour prouver que non seulement personne ne périt dans les théâtres, mais qu'il n'y eut même qu'un très petit nombre d'habitants des deux villes qui succombèrent. Quelques uns cependant furent victimes, et, en définitive, ce conte n'est pas tout-à-fait dépourvu de fondement dans ses particularités les plus essentielles.

Cet exemple peut servir d'avertissement au géologue, qui se trouve souvent dans l'alternative de choisir entre une preuve négative résultant du silence d'auteurs éminents, et le témoignage obscur, mais positif, de traditions populaires. Ainsi, quelques au-

teurs auraient révoqué en doute le déluge d'Ogygès, par cela seul qu'Homère et Hésiode n'en disent rien; mais, indépendamment de ce que tous deux étaient poëtes, et non historiens, ils vécurent plusieurs siècles après la date la plus récente assignée à cet événement. Du reste, eussent-ils vécu à cette époque même, leur silence pourrait encore, comme celui de Pline, ne rien prouver contre l'autorité de la tradition, bien que l'on doive imputer une grande exagération au récit traditionnel du déluge en question.

Rien n'indique qu'en 79 le Vésuve ait émis aucun courant de lave; et il est assez probable que les substances qu'il rejeta consistaient uniquement en lapilli, en sable et en fragments de lave plus ancienne, comme en 1538, lorsque le Monte Nuovo fut produit. L'époque à laquelle se rapportent les premiers récits authentiques, touchant l'émission d'un courant de lave, est l'année 1036, lorsqu'eut lieu la septième éruption depuis le renouvellement des feux du volcan. Quelques années plus tard, en 1049, une autre éruption se manifesta; puis une autre encore en 1138 (ou 1139); mais, après celle-ci, il y eut un intervalle de repos qui dura 168 ans. Pendant ce long espace de temps, il ne se produisit que deux petites ouvertures en des points fort distants l'un de l'autre. Il est de tradition que la Solfatare fit éruption en

1198, sous le règne de Frédéric II, empereur d'Allemagne; et, quoiqu'à travers ces époques obscures il ne nous soit parvenu aucun détail circonstancié sur cet événement, on peut l'admettre sans hésitation (*). Suivant M. Scrope, cette éruption n'eut d'autre résultat que l'émission d'une lave trachytique, légère, scoriforme, offrant un aspect récent, et reposant sur les strates de tuf meuble superposées à la masse principale de trachyte (**).

Eruption volcanique dans l'Ile d'Ischia, 1302.— L'éruption qui, en 1302, fit jaillir un courant de lave d'une nouvelle ouverture sur la pente S.-E. de l'Ile d'Ischia, est tout-à-fait authentique. Pendant une partie de 1301, plusieurs tremblements de terre s'étaient succédé avec une rapidité effrayante; mais ils se terminèrent enfin par l'émission d'un courant de lave qui s'échappa d'un point appelé le Campo del Arso, et situé non loin de la ville d'Ischia. Cette lave parcourut avec une grande vitesse les deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) environ qu'elle avait à franchir pour se rendre à la mer. Sa couleur varie entre le gris de

(*) Le premier auteur authentique, dit M. Forbes, qui ait mentionné ce fait paraît être Capaccio, cité dans la Terra Tremante de Bonito. — Edin. Journ. of Sci. etc., N° 1, New. Series, p. 127, july, 1829.

(**) Geol. Trans., Second series, vol. II, p. 346.

fer et un noir rougeâtre, et elle est remarquable par le feldspath vitreux qu'elle contient. Sa surface est presque aussi stérile, après une période de cinq siècles, que si elle n'était refroidie que d'hier. Quelques rares touffes de serpolet, et deux ou trois autres petites plantes remplissent seules les interstices que laissent les scories, tandis que la lave, émise en 1767 par le Vésuve, est déjà couverte d'une riche végétation. Pontanus, dont la maison de campagne fut brûlée et engloutie, représente cette scène terrible comme ayant duré deux mois (*). Plusieurs autres maisons encore furent ensevelies, et un grand nombre des habitants émigrèrent. Cette éruption ne donna naissance à aucun cône; elle produisit seulement une légère dépression, méritant à peine le nom de cratère, et autour de laquelle se trouvent des amas disséminés de scories rouges et noires. On suppose généralement que, jusqu'à cette éruption, Ischia avait joui d'un intervalle de repos de dix-sept siècles environ; mais Julius Obsequens (**), qui florissait en l'année 214 de notre ère, fait mention de quelques convulsions volcaniques qui auraient eu lieu 662 ans après la fondation de Rome, c'est-à-dire 91 ans avant J.-C. Toutefois, comme Pline, qui vivait un siècle avant J. Obsequens, ne fait pas mention de cette éruption,

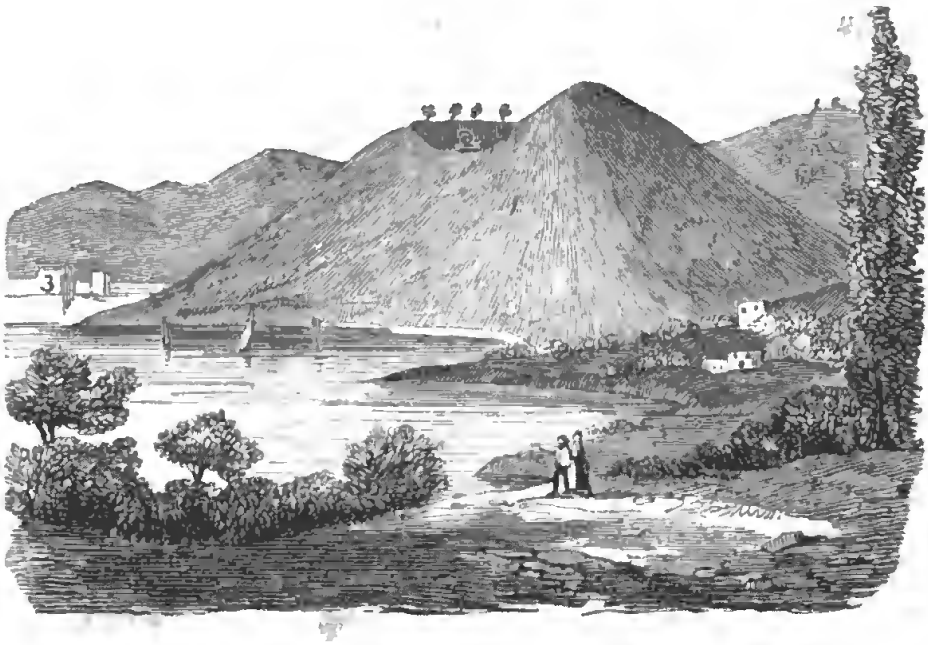
(*) Lib. VI. de Bello Neap. in Grævii Thesaur.
(**) Prodig. libel. C. CXIV.

on a supposé que l'opinion de ce dernier auteur était erronée; mais, par des motifs que nous avons déjà exposés, il serait plus rationnel de ne point tenir compte du silence de Pline, et d'admettre que quelque commotion souterraine, peu violente sans doute, se manifesta alors.

Histoire du Vésuve, postérieurement à l'année 1138. — Quant au Vésuve, la première éruption qui suivit celles dont nous avons déjà parlé eut lieu en 1306; entre cette époque et 1631, il n'y en eut qu'une seule, celle de 1500, et encore fut-elle très peu considérable. On a remarqué que, pendant tout le cours de cette période, l'Etna fut dans un état d'activité si extraordinaire, que l'on dut en conclure naturellement que ce grand volcan peut servir quelquefois de canal de décharge aux fluides élastiques et à la lave qui, sans lui, s'élèveraient jusqu'aux ouvertures de la Campanie.

Formation du Monte Nuovo, 1538.—La grande période de repos fut aussi marquée par un événement mémorable dans les Champs Phlégréens — la formation subite, en 1538, d'une montagne nouvelle; — les auteurs contemporains nous en ont transmis des récits authentiques.

Fig. 52



Le Monte Nuovo, formé dans le Golfe de Bayes, le 29 septembre 1538.

1, Cône du Monte Nuovo.
2, Bord du cratère de ce volcan.
3, Source thermale désignée sous le nom de Bains de Néron, ou des Étuves de Tritoli.

La hauteur du Monte Nuovo a été récemment déterminée par le minéralogiste Italien Pini, qui l'a trouvée de quatre cent quarante pieds anglais (134^{m}) au-dessus du niveau de la baie; sa base a environ huit mille pieds (2,438^{m}), ou plus d'un mille et demi ($\frac{1}{2}$ l.) de circonférence. Suivant Pini, la profondeur du cratère est de quatre cent vingt-et-un

pieds anglais (138^{m}), à partir du sommet de la montagne, de sorte que le fond ne se trouve qu'à dix-neuf pieds (près de 6^{m}) au-dessus du niveau de la mer. Les autorités les plus recommandables admettent que le cône occupe en partie l'emplacement du Lac Lucrin (voir la figure 53 *), qui n'était rien autre que le cratère d'un ancien volcan, et qui fut presque entièrement comblé pendant l'éruption de 1538. Il n'en reste aujourd'hui qu'un étang peu profond, séparé de la mer par un rivage exhaussé artificiellement.

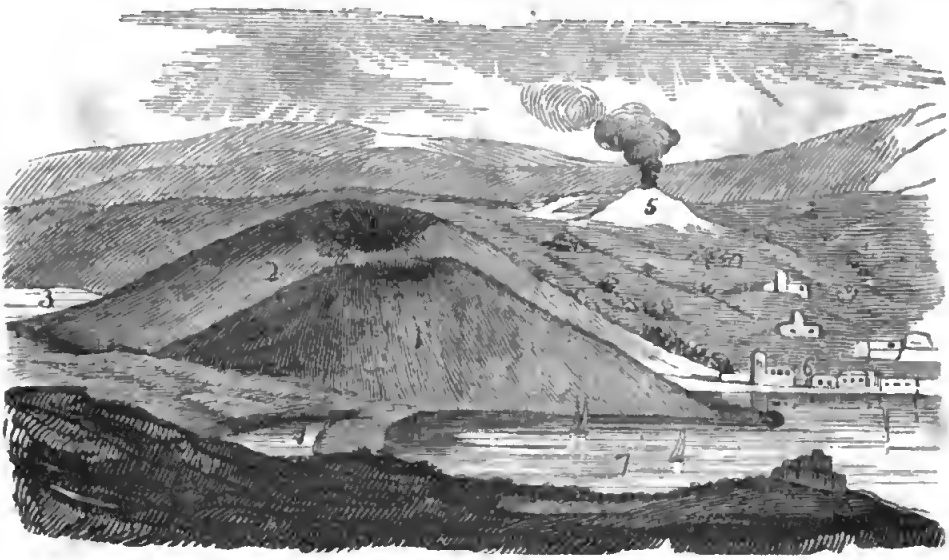
Nous tenons de sir William Hamilton deux lettres originales qui renferment le récit de cette éruption. La première, datée de 1538, est de Falconi, et contient les passages suivants (**) : « Il y a actuellement deux ans que de fréquents tremblements de terre ont eu lieu à Pouzzole, à Naples et dans les régions voisines. Pendant le jour et la nuit qui précédèrent l'éruption (du Monte Nuovo), une vingtaine de secousses, tant fortes que faibles, se firent sentir. L'éruption commença le 29 septembre 1538. Ce fut un dimanche, et à une heure à peu près de la

(*) Cette représentation des Champs Phlégréens est une réduction partielle de la planche XXXI du grand ouvrage de sir William Hamilton, « Campi Phlegræi ». La fidélité des esquisses coloriées reproduisant les vues de ce pays, ne saurait être trop vantée.

(**) Campi Phlegræi, p. 70.

nuit, qu'entre les bains chauds et Tripergola, on aperçut les premières flammes. En peu de temps le feu augmenta à tel point, qu'il se fit jour à travers le sol en cet endroit, et il sortit de cette ouverture une si grande quantité de cendres et de pierres pon-

Fig. 53



Les Champs Phlégréens.

1, Le Monte Nuovo. 4, Le Lac Lucrin.
2, Le Monte Barbaro. 5, La Solfatare.
3, Le Lac Avernus. 6, Pouzzole.
7, Le Golfe de Bayes.

ces, mêlées d'eau, que tout le pays en fut couvert. Le matin suivant (après la formation du Monte Nuovo), les malheureux habitants de Pouzzole quit-

tèrent leurs demeures, dans un état de terreur difficile à décrire. Ils étaient tout couverts de cette matière noire et boueuse, qui ne cessa de tomber, sous forme de pluie, pendant la journée entière, et fuyaient la mort, ayant la mort peinte sur leur visage. Les uns emportaient leurs enfants dans leurs bras; les autres traînaient après eux des sacs remplis de bagages; d'autres conduisaient du côté de Naples un âne chargé de leur famille en proie à d'horribles frayeurs; d'autres encore emportaient des multitudes d'oiseaux de diverses espèces, qui étaient tombés morts au commencement de l'éruption, ou bien des poissons qu'ils avaient trouvés, et dont il devait y avoir d'immenses quantités sur la côte, la mer les y ayant laissés à sec pendant un temps considérable. Étant allé avec M. Moramaldo examiner les surprenants effets de l'éruption, je reconnus que la mer s'était de beaucoup retirée du côté de Bayes, et que le rivage paraissait presque entièrement à sec, par suite de la quantité de cendres et de pierres ponces qui avaient été émises au moment de l'éruption. J'aperçus deux sources au milieu des ruines nouvellement découvertes; l'une, d'eau chaude et salée, se trouvait devant la maison qui servait de demeure à la reine, etc., etc. »

L'autre récit est de Pietro Giacomo di Toledo, qui s'exprime ainsi : — « Il y a maintenant deux ans

que la Campanie, et notamment la partie voisine de Pouzzole, a éprouvé des tremblements de terre; mais, le 27 et le 28 du mois de septembre dernier, les secousses ne discontinuèrent, à Pouzzole, ni le jour ni la nuit : la plaine, située entre le Lac Averne, le Monte Barbaro et la mer, fut *un peu élevée*, et il s'y produisit plusieurs fissures dont quelques unes laissaient échapper de l'eau; en même temps, la portion de la mer contiguë à la plaine *fut mise à sec sur un espace de deux cents pas environ*, de sorte que le poisson resta sur le sable, à la disposition des habitants de Pouzzole. Enfin, le 29 du même mois, vers les deux heures de la nuit, la terre s'ouvrit près du lac, et laissa voir une bouche formidable d'où s'échappaient avec fureur du feu, de la fumée, des pierres et une boue de cendres. Un bruit semblable à celui du tonnerre le plus fort accompagnait le déchirement du sol, et les pierres rejetées étaient converties, par les flammes, en ponces, dont quelques unes étaient *plus grosses qu'un bœuf*. Les pierres atteignaient une hauteur à peu près égale à celle où peut porter une arbalète; puis elles retombaient, soit sur le bord, soit dans l'intérieur même de l'ouverture. La boue était d'une couleur de cendres; très liquide d'abord, elle s'épaississait graduellement, et était si abondante que, jointe aux pierres dont nous

parlions tout-à-l'heure, elle forma, en moins de douze heures, une montagne de mille pas de hauteur. Non seulement Pouzzole et ses environs se trouvèrent inondés par cette boue, mais Naples le fut également, ce qui occasionna la destruction de plusieurs de ses palais. Cette éruption dura deux nuits et deux jours sans discontinuer, mais ce ne fut pas toujours avec la même intensité; le troisième jour elle cessa, et je montai alors, avec un grand nombre de personnes, jusqu'au sommet de la nouvelle colline. De là, je pus apercevoir l'intérieur de l'ouverture qui consistait en une cavité circulaire, d'un quart de mille ($\frac{1}{12}$ de l.) environ de circonférence. Les pierres qui y étaient tombées éprouvaient, en apparence, un mouvement semblable à celui des bulles qui se dégagent d'un vase rempli d'eau, lorsqu'il est sur le feu. Le quatrième jour, l'éruption recommença, et, le septième, elle se manifesta avec une intensité bien plus grande, quoique moins considérable toutefois, que pendant la première nuit. A ce moment, plusieurs personnes qui étaient sur la montagne furent renversées et tuées par les pierres, ou étouffées par la fumée. Dans le jour, on voit encore de la fumée sortir de cette montagne, et souvent, pendant la nuit, on aperçoit du feu à travers cette fumée (*). »

(*) Campi Phlegræi, p. 77.

Ces deux récits, écrits immédiatement après la formation du Monte Nuovo, s'accordent, comme on le voit, au sujet de la retraite de la mer; mais un seul rapporte que le fond de celle-ci fut élevé. L'un et l'autre ils attribuent l'origine de la nouvelle montagne, exclusivement aux coulées de boue, aux jets de scories et aux gros fragments de roches qui furent émis d'un orifice central pendant plusieurs jours et plusieurs nuits. Suivant M. de Buch, qui a fait connaître son opinion à cet égard, dans son excellent ouvrage sur les Iles Canaries et sur les phénomènes volcaniques en général, le cône et le cratère du Monte Nuovo furent formés, non de la manière qui vient d'être décrite, mais par suite du soulèvement de couches solides de tuf blanc, qui, originairement horizontales, furent, en 1538, exhaussées de manière à plonger, du centre, dans toutes les directions, et en s'inclinant comme la surface du cône même. « C'est à tort, dit-il, qu'on le croit formé par éruption, et de matières incohérentes, de scories et de ponces. Les couches solides de tuf soulevées sont très visibles tout autour du cratère, et il n'y a que la surface extérieure qui soit composée de scories rejetées. » (*)

(*) P. 347. Paris, 1836.

A l'appui de cette opinion, M. Dufrénoy a cité récemment un passage de Porzio, médecin célèbre, qui semble prouver qu'en 1538 le sol sur lequel repose le Monte Nuovo fut poussé en haut sous la forme d'une grande bulle ou d'une ampoule qui, en éclatant, donna naissance au profond cratère actuel. Porzio dit « qu'à la suite des tremblements de terre qui durèrent deux jours et deux nuits, la mer se retira de 200 mètres environ, et que les habitants purent recueillir de grandes quantités de poissons sur cette partie du rivage, et apercevoir quelques sources d'eau douce qui y jaillissaient. Enfin, le troisième jour des calendes d'octobre (29 septembre), ils virent une grande portion du sol, située près du lac Averne, entre la base du Monte Barbaro et la mer, s'élever et prendre subitement la forme d'une montagne qui commençait à surgir; puis, à deux heures de la nuit, cette masse de terre vomit, avec un grand bruit, comme d'une bouche entr'ouverte, des flammes, des pierres ponces et des cendres (*). »

(*) « Magnus terræ tractus, qui inter radices montis, quem Barbarum incolæ appellant, et mare juxta Avernum jacet, sese erigere videbatur, et montis subitò nascentis figuram imitari. Eo ipso die horâ noctis II., iste terræ cumulus, aperto veluti ore, magno cum fremitu, magnos ignes evomuit, pumicesque, et lapides, cineresque. » — Porzio, Opera

Quant à moi, d'après les récits plus détaillés des témoins oculaires, Falconi et Toledo, je penche fort à croire que la nuit du 29, il s'ouvrit un gouffre entre Tripergola et les bains situés dans ses faubourgs, et qu'il en sortit de la boue, de la ponce et de gros blocs solides de pierre, en quantité suffisante pour engloutir la ville et former une colline considérable en moins de vingt-quatre heures, exactement à la manière dont, sur une échelle plus petite, les cônes de boue des volcans atmosphériques sont produits, avec une cavité dans leur centre. On conçoit sans peine que la boue ponceuse, ainsi lancée au dehors, puisse, en séchant, se transformer en une sorte de pierre, comme certains ciments composés de cendres volcaniques, que l'on sait se solidifier avec une grande facilité.

Tripergola était très fréquentée à cause de ses bains; il y avait un hôpital pour les malades que le besoin de recourir aux eaux thermales y appelait, et la rue principale ne contenait pas moins de trois hôtelleries. Si Porzio eût constaté que peu de temps avant l'éruption, lui ou d'autres avaient vu quelques uns de ces bâtiments, ou leurs ruines, élevés au-dessus du niveau de la plaine, de manière à reposer sur le

Omnia, Medica, Phil., et Mathemat., in unum collecta, 1736, cité par Dufrénoy, Mém. pour servir à une Description Géologique de la France, tome IV, p. 274.

sommet ou sur la pente d'une colline nouvellement soulevée, une narration aussi circonstanciée nous eût peut-être conduit à admettre l'interprétation de M. Dufrénoy.

Mais, en l'absence d'un pareil témoignage, nous devons recourir au cratère lui-même, où l'on aperçoit une section de la montagne entière, sans pouvoir découvrir aucun noyau primordial de roche soulevée, différente des autres. Toute la masse, au contraire, est uniforme, sous le rapport de la composition, et la forme du cône est parfaitement symétrique. On n'y trouve point de fissures analogues à celles que donnerait lieu d'y observer l'émission subite de masses pierreuses. M. C. Prévost a fort judicieusement remarqué que, si des lits composés de matières solides et non élastiques avaient cédé à une forte pression dirigée de bas en haut, il n'en serait pas résulté simplement une cavité vide et profonde, mais une ouverture irrégulière, renfermant plusieurs fentes convergentes que l'on verrait se faire jour à travers les parois du cratère, et s'élargir en approchant du centre (Voyez *fig.* 54, *a*, *b*) (*). L'intérieur du Monte Nuovo ne présente pas une seule fissure de ce genre, et les parois de son cratère sont entières et continues. On n'y observe, non plus, aucun dyke qui atteste l'ancienne existence de fissures, com-

(*) Mém. de la Soc. Géol. de France, tom. II, p. 91.

blées ultérieurement soit par des laves, soit par d'autres matières.

MM. de Buch, de Beaumont, et plusieurs autres, qui attribuent principalement la forme conique des volcans au soulèvement du sol, ont fait souvent valoir, à l'appui de leur opinion, le grand nombre de fissures et de ravins profonds qui, dans ces sortes de montagnes, divergent de tous côtés comme les rais d'une roue, en partant du voisinage de l'axe central, et se dirigeant vers la circonférence ou vers la base du cône, ainsi que Palma, le Cantal et Ténériffe en présentent l'exemple. Cependant l'absence complète de ces fissures ou ravins divergents dans le Monte Nuovo, la Somma ou l'Etna, a passé inaperçue, et ne paraît avoir suggéré à ces géologues aucune objection contre leur théorie favorite.

M. Dufrénoy convient, toutefois, que certains faits sont extrêmement difficiles à concilier avec l'opinion que lui-même a émise relativement au récit de Porzio. Ainsi, il existe à la base du Monte Nuovo et sur les bords du lac Averne, des monuments Romains, tels que les temples d'Apollon et de Pluton, qui ne paraissent pas avoir souffert le moins du monde du soulèvement supposé. « Les murs qui subsistent encore ont conservé leur position verticale, et les voûtes sont dans le même état

que plusieurs autres monuments situés sur les rivages du Golfe de Bayes. La longue galerie qui conduisait à la grotte de la Sibylle, de l'autre côté du lac Averne, n'a, de même, éprouvé aucun mouvement, puisque le toit de la galerie a conservé une parfaite horizontalité; le seul changement qui s'y soit produit consiste en ce que le sol de la chambre où la Sibylle rendait ses oracles se trouve maintenant couvert de quelques pouces d'eau, — circonstance qui n'indique rien autre chose qu'une légère modification dans le niveau du lac Averne (*). » Si l'on suppose donc que des couches préexistantes de tuf ponceux furent soulevées en 1538, de manière à former le Monte Nuovo, on est du moins forcé de reconnaître que le sol contigu, sur lequel ces anciens monuments reposent, n'a pas été bouleversé; et cette circonstance ne s'accorde guère avec ce que l'hypothèse devait faire présumer.

Je reviendrai encore à la théorie de l'origine des cônes volcaniques par voie de soulèvement, lorsque je parlerai du Vésuve et de l'Etna; quant à présent, j'ajouterai seulement qu'en 1538, toute la côte, à partir du Monte Nuovo jusqu'au-delà de Pouzzole, fut soulevée à la hauteur de plusieurs pieds au-dessus du lit de la Méditerranée, et qu'elle a, depuis, conservé la plus grande partie de l'élévation qu'elle

(*) Dufrénoy, Mém. pour servir, etc., p. 277.

acquit alors. Nous examinerons les preuves de ces changements remarquables de niveau lorsque, plus tard, nous décrirons les phénomènes du temple de Sérapis (*).

Volcans des Champs Phlégréens.—Le grand cône volcanique qui se trouve contigu au Monte Nuovo, est le Monte Barbaro (voir le n° 2 de la *fig.* 53), le Gaurus inanis de Juvénal, — dénomination que lui a value, sans doute, son profond cratère circulaire, qui a environ un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) de diamètre. Quelle que soit la grandeur de ce cône, sa formation semble ne devoir être attribuée qu'à une seule éruption; et peut-être son étendue n'excède-t-elle pas celle de quelques uns des plus grands cônes qui furent produits à Ischia, dans les temps historiques. Il se compose principalement de tuf durci, comme dans le Monte Nuovo, et est stratifié en couches concordantes avec sa surface conique. Cette montagne, qui, jadis, était très renommée pour ses vins, est encore aujourd'hui couverte de vignes; mais quand les ceps sont dépourvus de feuilles, elle offre l'aspect de la plus complète stérilité; et, lorsqu'à une époque un peu avancée de l'année, on l'aperçoit du magnifique Golfe de Bayes, elle contraste, parfois, d'une manière si frappante avec le Monte

(*) Voir le ch. VIII du présent volume.

Nuovo, qui est toujours couvert d'arbousiers, de myrtes et d'autres arbres verts sauvages, qu'un étranger pourrait bien supposer que le cône le plus ancien est celui dont la formation date du seizième siècle (*).

Rien, en vérité, ne saurait mieux servir à l'instruction du géologue que la manière dont les récentes collines volcaniques d'Ischia et celle dont nous parlons en ce moment se marient avec le paysage environnant. Rien ne semble manquer ou être superflu ; chaque partie du tableau s'harmonise si bien avec le reste, que le tout paraît émaner d'un seul et même effort de la puissance créatrice. Cependant, quel autre résultat pourrions-nous avoir prévu, en admettant que la Nature ait toujours été gouvernée par les mêmes lois? Chaque nouvelle montagne due à des éruptions volcaniques, — chaque nouvelle étendue de terrain, élevée ou déprimée par l'effet des tremblements de terre, — s'accorderont parfaitement avec les phénomènes analogues, produits antérieurement, si la configuration entière de la surface peut être attribuée à une longue série de dérangements semblables. Et

(*) Hamilton écrivait en 1770 : « La nouvelle montagne ne produit encore qu'une végétation très chétive. » Campi Phlegræi, p. 69. Cette remarque n'était plus applicable au Monte Barbaro, lorsque je le visitai en 1828.

s'il était vrai que, pendant un paroxisme violent, la plus grande portion de la terre sèche eût été simultanément dans l'état où elle se trouve aujourd'hui, puis que, pendant une période de repos relatif, des additions aient eu lieu doucement et successivement, on pourrait, dès lors, s'attendre à trouver une ligne de démarcation fortement prononcée entre les traces des changements anciens et celles des changements modernes. Mais la continuité même du plan, et la parfaite identité des causes sont, pour beaucoup d'observateurs, un sujet de déception, parce qu'en donnant lieu à une unité d'effets, elles les portent à exagérer l'énergie des agents qui opéraient dans les premiers âges. En l'absence de tout renseignement historique, ils sont aussi incapables d'assigner à diverses parties de nos continents les dates de leur origine, qu'un étranger peut l'être de déterminer les âges respectifs du Monte Nuovo, du Monte Barbaro, de l'Astroni et de la Solfatare, d'après leurs traits physiques seulement.

La violence de l'action volcanique et la grandeur de l'échelle sur laquelle elle s'est produite en Campanie, dans les siècles anciens, ont donné lieu à bien des déclamations, et ont été mises en parallèle avec l'état comparatif de repos dont, à l'époque actuelle, jouit cette délicieuse contrée. Au lieu de conclure, par analogie, que l'ancien Vésuve se maintenait

toujours en repos, quand les cratères des Champs Phlégréens étaient en activité, — que chaque cône s'élevait successivement, — et que plusieurs années, souvent même plusieurs siècles de repos s'écoulaient entre différentes éruptions, — les géologues semblent généralement avoir supposé que tout le groupe jaillit du sol à la fois, comme les soldats de Cadmus, lorsque ce héros sema les dents du dragon dont il avait été vainqueur. Or, ne vaudrait-il pas tout autant qu'ils cherchassent à nous persuader que, dans ces Champs Phlégréens, les géants, ainsi que le racontent les poëtes, firent la guerre à Jupiter, avant que la race chétive des mortels apparût sur la terre ?

Éruptions modernes du Vésuve. — Le Vésuve continua à être en repos pendant un siècle environ après la formation du Monte Nuovo. Lors de cet événement, aucune éruption violente ne s'était manifestée depuis 492 ans ; et il paraît que le cratère se trouvait alors exactement dans l'état où est aujourd'hui le volcan éteint d'Astroni, près de Naples. Bracini, qui visita le Vésuve peu avant l'éruption de 1631, donne de l'intérieur de ce volcan l'intéressante description que voici : — « Le cratère avait cinq milles (1 $\frac{2}{3}$ l.) de circonférence, et environ mille pas de profondeur; ses flancs étaient couverts de

broussailles, et au fond se trouvait une plaine dans laquelle paissait le bétail. Les parties boisées servaient souvent de refuge aux sangliers ; et, dans une certaine partie de la plaine, couverte de cendres, on observait trois petits étangs, dont un était rempli d'eau chaude et amère; un autre, d'eau plus salée que celle de la mer ; et le troisième, enfin, d'eau chaude, mais sans saveur (*). » A la fin, ces forêts et ces plaines verdoyantes furent détruites par les feux du volcan ; et leurs cendres, lancées en l'air avec une extrême violence, se trouvèrent dispersées par les vents. En décembre 1631, sept courants de lave sortirent à la fois du cratère, et inondèrent plusieurs villages situés sur les flancs et au pied de la montagne. Resina, en partie construite sur l'ancien emplacement d'Herculanum, fut consumée par le torrent de feu. Les inondations de boue ne furent pas moins destructives que celles de la lave elle-même, ainsi que cela arrive fréquemment dans le cours de ces catastrophes ; car, telle est l'abondance des pluies dues à la masse de vapeurs lancées dans l'atmosphère, qu'il se précipite le long des flancs du cône de véritables torrents qui, se chargeant d'une poussière volcanique impalpable, et entraînant avec eux des cendres incohérentes, acquièrent une consistance

(*) Hamilton, Campi Phlegræi, vol. I, p. 62. Voir aussi l'ouvrage sur la Campanie, de Breislak, tom. I, p. 186.

suffisante pour justifier le nom de « laves aqueuses » qu'on leur donne ordinairement.

Cette crise fut suivie d'une période de tranquillité, mais celle-ci ne dura que jusqu'en 1666; depuis cette époque jusqu'à nos jours, une suite constante d'éruptions, rarement séparées par un intervalle de plus de dix années, se manifesta. Pendant ces trois siècles derniers, aucune action volcanique irrégulière n'a bouleversé d'autres parties de ce district; mais Breislak a remarqué que, dans les temps qui précédèrent, des convulsions de cette nature avaient eu lieu tous les deux siècles dans la Baie de Naples: —l'éruption de la Solfatare, dans le douzième siècle; celle de la lave d'Arso, à Ischia, pendant le quatorzième siècle; et enfin, celle du Monte Nuovo, dans le seizième. Quant au dix-huitième siècle, il a fait exception à cette règle, ce que semble pouvoir expliquer le nombre inaccoutumé d'éruptions que fit le Vésuve pendant cette période. Lorsqu'au contraire, de nouvelles issues étaient ouvertes, une longue intermittence se faisait toujours remarquer dans l'activité du volcan principal, ainsi que nous l'avons déjà vu.

CHAPITRE III.

DISTRICT VOLCANIQUE DE NAPLES. — *Suite.*

Dimensions et structure du cône du Vésuve. — Dykes. — Laves et minéraux. — Alluvions désignées sous le nom de laves aqueuses. — Origine et composition de la matière qui a englouti Herculanum et Pompéi. — De la condition dans laquelle on trouva les villes enterrées, et des divers objets qu'elles renfermaient. — Du petit nombre de squelettes que l'on y a découverts.—État de conservation des substances animales et végétales. — Rouleaux de papyrus. — Stabies. — Torre del Greco. — Dernières remarques et conclusion sur les volcans de la Campanie.

Structure du cône du Vésuve. — Entre la fin du dix-huitième siècle et l'année 1822, le grand cratère du Vésuve avait été graduellement comblé par la lave qui s'échappait en bouillonnant de bas en haut, et par les scories qui retombaient lors des éruptions produites par les ouvertures moins considérables qui, à diverses époques, s'étaient formées sur son fond et sur ses

flancs. Ainsi, au lieu d'une cavité régulière, on y voyait une plaine inégale et rocheuse, couverte de blocs de lave et de scories, et coupée par de nombreuses fissures d'où s'échappaient des nuages de vapeur. Mais cet état de choses fut entièrement changé par l'éruption d'octobre 1822. Pendant plus de vingt jours eurent lieu de violentes explosions qui, lançant au dehors cette masse de matières accumulées, donnèrent naissance à un gouffre immense, de forme irrégulière, mais un peu elliptique, et dont la circonférence, mesurée sur la ligne irrégulière et très sinueuse de sa limite terminale, était d'environ trois milles (1 l.); son plus grand diamètre, qui se dirigeait du N. E. au S. O., avait un peu moins de trois quarts de mille ($\frac{1}{4}$ de l.) (*). Quant à la profondeur de cet effroyable abîme, elle a été diversement évaluée, ayant constamment diminué depuis le moment de sa formation, par suite de la dégradation de ses parois. Selon quelques auteurs, elle était originairement de deux mille pieds (plus de 600^{m}), à partir du sommet (**); mais lorsque, peu de temps après l'éruption,

(*) Account of the Eruption of Vesuvius in october, 1822, by G. P. Scrope, Esq., Journ. of Sci., etc. (Récit de l'éruption du Vésuve, en octobre 1822, par G. P. Scrope, Esq., Journal des Sciences, etc.,) vol. XV, p. 175.

(**) M. Forbes, Account of Mount Vesuvius, Edin. Journ.

M. Scrope eut occasion d'observer cette cavité, il en estima la profondeur à moins de mille pieds (300^{m} environ). Diverses explosions enlevèrent au cône plus de huit cents pieds (244^{m}), de sorte que la hauteur de la montagne fut réduite à 3,400 pieds (1036^{m}), au lieu de 4,200 (1,280^{m}) qu'elle avait d'abord (*).

A mesure que l'on gravit les pentes du volcan, il offre de plus en plus l'aspect d'une masse de matériaux incohérents : c'est un véritable amas de débris entassés pêle-mêle; mais lorsqu'on arrive au bord du cratère, et que l'on peut en découvrir l'intérieur, on est surpris agréablement en apercevant la symétrie et le parfait arrangement qui, de toutes parts, règnent dans son ensemble. Les matériaux sont disposés en strates régulières et légèrent ondulées, bien qu'elles paraissent horizontales lorsqu'on les voit de face. Mais quand on fait le tour du bord du cratère, et qu'on observe la manière dont ses flancs s'avancent ou s'éloignent en formant des angles saillants ou rentrants, on aperçoit plusieurs sections transversales des courants de lave et des lits de sable et de scories, dont on peut dès lors reconnaître la véri-

of Sci. (Description du mont Vésuve par M. Forbes, Journal des Sciences d'Édimbourg), n° XVIII, p. 195, octobre 1828.

(*) Idem, p. 194.

table inclinaison. On voit qu'ils inclinent, à partir de l'axe du cône, sous des angles qui varient de 30 à 45°. Le cône entier se compose d'un certain nombre de couches concentriques de laves, de scories et de sables alternants. Chaque pluie de cendres qui est tombée de la partie supérieure, et les divers courants de lave qui ont coulé des bords du cratère, ont pris la forme de la surface extérieure de la colline, de sorte qu'on peut dire qu'une suite d'enveloppes coniques se sont superposées les unes aux autres, jusqu'à ce que l'aggrégation de la montagne entière fût complète. Les séparations indiquées par des lits distincts résultent des différentes couleurs et des divers degrés de grosseur que présentent les sables, les scories et les laves, et de leur alternance. La plus grande difficulté qui se présente d'abord, est de comprendre comment une régularité si remarquable peut coïncider avec l'inégale distribution des sables et des scories chassés par les vents dominants lors de certaines éruptions, et le peu de largeur qu'ont les coulées de lave à leur sortie du cratère.

Mais en examinant les choses plus attentivement, on reconnaît que cette régularité n'est qu'apparente; car, lorsqu'un certain nombre de lits s'amincissent peu à peu, et en différents points, l'œil n'aperçoit pas sans difficulté la fin de chacun d'eux, et l'on sup-

pose ordinairement qu'il se continue avec quelque autre lit qui, à une petite distance, peut se trouver exactement dans le même plan. Les légères ondulations produites par les inégalités qu'on observe sur les flancs de la colline où se sont déposées les couches successives contribuent aussi à favoriser cette erreur. Comme d'innombrables lits de sable et de scories constituent la plus grande partie de la masse, il s'ensuit que parfois ils peuvent recouvrir le tour du cône entier sans interruption ; il se peut même que des courants de lave aient une très grande largeur quand ils commencent à couler ; et, puisqu'il arrive quelquefois qu'au moment d'une éruption une partie considérable de la portion supérieure du cône vient à tomber, une nappe de lave non moins étendue que l'espace que l'œil est susceptible d'embrasser dans une coupe quelconque, peut, par suite, se trouver formée.

La grande inclinaison de quelques uns des lits, et l'adhérence des particules, là même où il n'y a évidemment point de ciment, est encore un des traits les plus caractéristiques des brèches et des tufs volcaniques. Bien qu'au premier abord cette circonstance semble assez difficile à expliquer, la dernière grande éruption a mis à portée de juger la manière dont ces strates sont formées. Lorsque des fragments de lave, de scories, de ponce et de

sable, tombent à peu de distance du sommet, ils ne perdent que moitié de la chaleur propre à leur état de fusion, et subissent ensuite l'action de la chaleur intérieure et de celle qui provient des fumerolles ou des petites crevasses dispersées dans le cône, et à travers lesquelles se dégagent des vapeurs brûlantes. Ainsi échauffés, ces fragments adhèrent fortement ensemble, et la masse qui résulte de leur agglomération acquiert en peu de jours une telle consistance, que le moindre fragment n'en peut être détaché qu'au moyen d'un fort coup de marteau. Quant aux sables et aux scories projetés à une plus grande distance, ils restent incohérents (*).

Sir William Hamilton, dans la description qu'il a donnée de l'éruption de 1779, dit que des jets de lave liquide, mêlée de pierres et de scories, furent lancés à plus de 10,000 pieds (3,048m) de hauteur, offrant l'aspect d'une colonne de feu (**). Quelques uns de ces jets furent emportés par les vents dans la direction d'Ottajano; d'autres, encore rouges et liquides, couvrirent, en retombant presque perpendiculairement sur le Vésuve, la totalité de son cône, une partie de la Somma, et la vallée située entre ces

(*) Monticelli et Covelli, Storia di Fenon. del Vesuv., ann. 1821, 1822 et 1823.

(**) Campi Phlegræi.

deux montagnes. La matière qui retombait sur le sol étant presque aussi vivement embrasée que celle qui sortait sans cesse du cratère, formait avec celle-ci une masse de feu dont la largeur était au moins de deux milles et demi (près de 1 l.), et qui, s'élevant à la hauteur prodigieuse que nous avons indiquée tout-à-l'heure, répandait de la chaleur à plus de six milles (2 l.) à l'entour. Le Docteur Clarke, aussi, dans sa description de l'éruption de 1793, rapporte que des millions de pierres, échauffées jusqu'au rouge, étaient lancées dans l'atmosphère à une hauteur au moins égale à la moitié du cône lui-même, autour duquel elles retombaient ensuite, en décrivant un arc. Ailleurs, il dit qu'à mesure que ces pierres tombaient, elles recouvraient de feu près de la moitié du volcan.

Le même auteur a décrit aussi la différence d'aspect que présente la lave au moment où elle s'échappe du volcan, et à quelque distance de son point de départ, à celui, par exemple, où elle atteint les plaines inférieures. Au point où, en 1793, elle sortit d'une cavité qui s'était ouverte dans le flanc de la montagne, le courant se précipita avec la vitesse d'un torrent. A sa surface, on n'observait ni scories ni matériaux grossiers qui ne fussent, comme la lave, dans un état de fusion complète. Celle-ci offrait la transparence du miel, « et brillait

d'un éclat comparable à celui du soleil, en coulant dans des canaux plus beaux et plus réguliers que ceux que l'art pourrait disposer. — « Sir William Hamilton, ajoute le Docteur Clarke, pensait que des pierres jetées sur un courant de lave n'y devaient laisser aucune empreinte. Quant à moi, dit-il, je fus bientôt convaincu du contraire ; car, bien que des corps légers, dont le poids n'excédait pas cinq, dix et quinze livres, n'occasionnassent, même à la surface de la lave, qu'une empreinte très faible, ou qu'ils n'en produisissent point du tout, on voyait des corps de soixante, soixante-dix et quatre-vingts livres, former une sorte de couche sur la surface de la lave, et flotter avec elle. Une pierre de trois cents livres pesant qui avait été rejetée par le cratère, se trouvait près de la source du courant de lave : je la soulevai par une de ses extrémités, puis la laissai tomber sur la lave liquide, où elle s'enfonça graduellement, jusqu'à ce qu'elle finît par disparaître entièrement. Si je voulais décrire la manière dont elle agit sur la lave, je la comparerais à celle dont se comporterait un « morceau de pain » qui, jeté dans un vase rempli d'un miel très épais, s'enfoncerait peu à peu dans ce pesant liquide, et finirait par arriver lentement jusqu'au fond.

» A peu de distance de son point d'émission, la

lave acquiert à sa surface une teinte plus sombre, et est moins susceptible d'être modifiée par les agents extérieurs ; à mesure que le courant s'élargit, la surface ayant perdu une partie de sa fluidité devient de plus dure en plus dure, et forme, en se feuillant, une multitude de fragments d'une matière très poreuse, à laquelle on donne le nom de scories. L'apparence que présente cette matière a fait croire à plusieurs observateurs qu'elle sortait ainsi de la montagne : cette supposition, toutefois, n'est nullement fondée ; car la lave, à sa sortie du volcan qui lui donne naissance, coule toujours à l'état liquide. Quant à l'aspect que présentent les scories, il ne doit être attribué qu'à l'action de l'air extérieur, et non à quelque différence dans les matériaux dont elles sont formées, puisque toute lave qui se trouve hors de son canal et exposée à l'action de l'air extérieur se fend immédiatement, devient poreuse, et change de forme. A mesure que nous descendions, ce phénomène devenait de plus en plus évident ; la même lave qui, à son point de départ, coulait dans un état de fluidité parfaite, sans la moindre solution de continuité, et libre de tout obstacle, était, un peu plus bas, tellement chargée de scories, qu'à son arrivée au pied de la montagne, le courant ressemblait à un amas de débris incohérents, tels que ceux qui proviennent des fonderies de fer. » Ailleurs, le

même auteur dit que « dans la plaine, les courants de lave ressemblent à des accumulations de scories provenant d'une fonderie de fer, roulant lentement, et tombant avec bruit les unes sur les autres (*). »

Il paraît que l'intensité de la lumière et de la chaleur de la lave varie considérablement aux différentes phases de la même éruption, ainsi que Sir H. Davy l'observa dans celle qui eut lieu au Vésuve en 1819 et 1820; la lave, à son point d'origine, était d'un rouge blanc, qui offrait divers degrés de vivacité (**).

Quand on rencontre les mots « flamme » et « fumée » dans la description des phénomènes volcaniques, on doit généralement leur attribuer un sens figuré. M. Abich assure avoir vu distinctement la flamme de l'hydrogène brûlant pendant l'éruption du Vésuve de 1834 (***); mais ce que l'on prend ordinairement pour des flammes n'est autre chose que les vapeurs, les scories et une poussière impalpable éclairée par cette lumière vive qui émane du cratère situé au-dessous, où la lave brille, dit-on,

(*) Otter's Life of Dr Clarke. (Vie du Dr Clarke, par Otter).

(**) Phil. Trans., 1828, p. 241.

(***) Bulletin de la Soc. Géol. de France, tom. VII, p. 43; et Illustrations of Vesuvius and Etna. (Vues du Vésuve et de l'Etna), p. 3.

d'un éclat comparable à celui du soleil. Quant aux nuages que l'on prend pour de la fumée, ils sont formés, soit de vapeur d'eau et d'autres vapeurs, soit de poussière de scories.

De la formation des dykes qu'on observe dans le cône récent. — Les strates inclinées dont il a déjà été question, et qui plongent dans toutes les directions, à partir de l'axe du cône du Vésuve, sont coupées par des veines ou des dykes de lave compacte, dont la position est généralement verticale. En 1828, ces dykes étaient au nombre de sept environ; plusieurs avaient jusqu'à quatre ou cinq cents pieds (122 et 152^{m}) de hauteur, et s'amincissaient, au point de disparaître entièrement, avant d'atteindre la partie supérieure du cône. Comme ils sont plus durs que les couches qu'ils traversent, leur décomposition est moins rapide, et, par suite, ils conservent leur relief. Lorsqu'en 1828 je visitai le Vésuve, la continuité des éruptions qui s'y manifestaient à ce moment m'empêcha de descendre dans le cratère, de sorte que je ne pus voir que trois des dykes; mais M. Monticelli, qui s'était auparavant procuré des dessins de l'ensemble du cratère, me les communiqua. Les dykes que je vis se trouvaient du côté du cône qu'entoure la Somma. L'éruption de 1828, dont nous avons déjà parlé.

avait commencé en mars, et en novembre suivant; la matière émise avait rempli le tiers environ du gouffre profond, formé vers la fin de l'éruption de 1822. En novembre, je trouvai un cône noir isolé au fond du cratère d'où sortaient sans cesse des scories; mais à l'extérieur du cône, je remarquai que la lave de 1822, dont l'écoulement avait eu lieu six ans auparavant, n'était pas encore tout-à-fait refroidie, et qu'une grande quantité de chaleur et de vapeurs continuait à s'en dégager par des crevasses.

Hoffmann, en 1832, vit, sur le flanc septentrional du Vésuve, près du pic que l'on nomme le Palo, un grand nombre de bandes parallèles de lave, alternant avec des scories et des conglomérats; quelques unes de ces bandes avaient de six à huit pieds (1^{m},83 et 2^{m},44) d'épaisseur. Elles étaient coupées, dit Hoffmann, par un grand nombre de dykes dont plusieurs avaient cinq pieds (1^{m},53) de large. Ceux-ci ressemblent aux dykes de la Somma; la roche dont ils sont formés renfermant aussi des grains d'amphigène et d'augite (*).

Il ne peut y avoir aucun doute que ces dykes ne résultent de fissures que la lave liquide a comblées; mais, quant à la date de leur formation, on ne sait rien de positif, si ce n'est qu'ils sont tous postérieurs à l'année 79, et plus modernes que les

(*) Geognost. Beobachtungen, etc., p. 182. Berlin, 1839.

laves et les scories qu'ils traversent. Un très grand nombre des strates supérieures n'ont point été coupées par eux. On sait que les tremblements de terre qui précèdent presque toujours les éruptions occasionnent des fentes dans la masse de la montagne : aussi n'est-il point surprenant qu'en 1822, trois mois avant l'écoulement de la lave, on ait observé de nombreuses fissures par où se dégageaient des vapeurs brûlantes. Or, il est évident qu'au moment où la colonne de lave s'élève, la matière fondue doit pénétrer dans ces fissures et les remplir, — circonstance qui explique, non seulement l'origine des dykes, mais aussi la grande dureté et la nature cristalline de la roche dont ils sont formés, et qui résultent du refroidissement lent de la lave sous une grande pression.

On a supposé que la fréquence des crevasses que présentent les cônes volcaniques pendant les éruptions pouvait avoir quelques rapports avec le soulèvement graduel et successif de la masse entière, et, par suite, augmenter l'inclinaison des couches dont le cône se compose. D'après l'hypothèse que nous avons exposée dans le chapitre précédent, relativement à l'origine du Monte Nuovo, M. de Buch pense que le cône actuel du Vésuve fut produit en l'année 79, non par éruption, mais par soulèvement. Suivant lui, sa formation ne doit point être attri-

buée à l'accumulation de scories et de lave projetées au dehors ou ayant coulé d'une source centrale, mais au soulèvement de strates qui, dans le principe, étaient horizontales. Le cône entier s'éleva d'un seul jet, de l'intérieur et du milieu de la Somma, avec la forme que nous lui voyons aujourd'hui, à cette seule différence près, qu'au lieu d'avoir augmenté de hauteur, il a toujours décru depuis son origine (*).

De tous les faits dont jusqu'ici la connaissance semble pouvoir favoriser cette singulière hypothèse de M. de Buch, il n'en est point qui méritent plus d'attention que ceux dont M. Abich a fait mention dans son mémoire sur les éruptions du Vésuve en 1833 et 1834, — ouvrage illustré par d'excellentes gravures représentant les phénomènes volcaniques dont cet observateur fut témoin (**). Il paraît qu'en 1834, le grand cratère du Vésuve a été comblé, à peu près jusqu'au sommet, par de la lave qui, en se solidifiant, avait formé une plaine unie dans laquelle il n'existait d'autre solution de continuité qu'un petit cône résultant de l'émission des scories, et s'élevant au milieu de cet espace comme une île dans un lac. A la fin, cette « plaine de lave » fut rompue

(*) De Buch, Descrip. Phys. des îles Canaries, p. 342. Paris, 1836.

(**) Vues Illust. de Phénom. Géol. observés sur le Vésuve et l'Etna. Berlin, 1837.

par une fissure qui s'étendit du N.-E. au S.-O, et le long de laquelle se formèrent un grand nombre de petits cônes, émettant de la vapeur. On prétend que la cause première de la production de ces petits cônes fut le soulèvement partiel de certaines couches de lave qui, horizontales dans le principe, avaient ensuite été rendues flexibles par l'effet de la chaleur et de la tension des fluides élastiques se dégageant du centre de chacun des nouveaux monticules. L'analogie de ce mode d'origine avec celui que M. de Buch a attribué au Vésuve et à la Somma serait complète, si les dimensions des masses soulevées ne présentaientpas des différences aussi marquées, et si l'on pouvait raisonnablement comparer des bulles, des boursouflements de lave à moitié fondue, de quinze à vingt-cinq pieds de hauteur, avec des montagnes qui ont plusieurs milliers de pieds d'altitude.

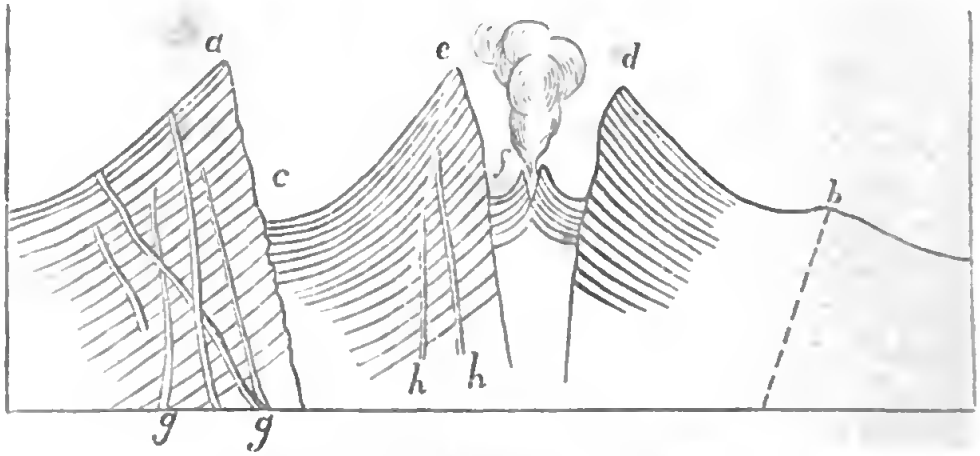
M. Abich rapporte aussi qu'en août 1834, lorsqu'eut lieu un affaissement considérable du plateau de lave qui se voit en dedans du grand cratère, la structure du cône central fut mise à découvert; on reconnut alors évidemment que ce dernier avait été formé, non par soulèvement, mais par l'accumulation des scories rejetées pendant plusieurs éruptions (*).

(*) Vues illust. de Phénom. Géol. observ. sur le Vésuve et l'Etna.

Avant l'année 79, le Vésuve paraît, d'après la description que Strabon en a donnée, avoir présenté un cône tronqué, avec un cratère à son sommet. Breislak, le premier, émit l'opinion généralement adoptée depuis, que les éruptions qui eurent lieu en 79 et postérieurement, détruisirent la partie du cône primitif qui faisait face à la mer, et épargnèrent le reste, que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de la Somma. Cette dernière portion entoure un nouveau cône qui fut produit à l'époque de ces éruptions. Dans le dessin ci-contre (*fig.* 55), on voit une éminence (*b*) située du côté du Vésuve opposé à celui où subsiste encore une partie de l'ancien cône de la Somma (*a*). Quelques auteurs ont supposé que cette éminence, que l'on nomme la Padimentina, était une portion de la circonférence de l'ancien cratère qui fut détruit du côté de la mer, et sur les pentes duquel les laves du Vésuve moderne ont coulé, l'axe du cône actuel du Vésuve étant, d'après Visconti, à égale distance de l'escarpement de la Somma et de la Padimentina.

Dans le même dessin, les lits inclinés du cône du Vésuve sont représentés comme devenant horizontaux dans l'Atrio del Cavallo (en *c*), où la base du nouveau cône rencontre l'escarpement abrupte de la Somma. On comprend, en effet, qu'il en doive être ainsi; car, lorsque la lave coule vers ce point,

Fig. 55.



Coupe supposée du Vésuve et de la Somma.

a, La Somma, reste de l'ancien cône du Vésuve.
b, La Padimentina, éminence en forme de terrasse, qui entoure la base du cône récent du Vésuve, du côté du Sud.
c, L'Atrio del Cavallo (*).
d, *e*, Cratère après l'éruption de 1822.
f, Petit cône formé en 1823, au fond du grand cratère.
g, *g*, Dykes intersectant la Somma.
h, *h*, Dykes coupant le cône récent du Vésuve.

comme cela eut lieu en 1822, elle se trouve arrêtée dans sa marche, prend alors une autre direction, et longe la petite vallée qui entoure la base du cône. Des sables et des scories, poussés par les

(*) Cet endroit a été ainsi nommé parce que, lorsqu'ils se disposent à monter le cône à pied, les voyageurs y laissent leurs chevaux et leurs mulets.

vents, s'amoncellent au pied de ce cône, mais ils sont bientôt entraînés par des torrents, ce qui fait que ce point offre toujours l'aspect d'une plaine assez unie, comme celle qui est ici représentée. De même, le petit cône intérieur (*f*) doit être formé de couches inclinées se terminant par une plaine horizontale ; car, pendant que ce monticule s'élevait peu à peu, par suite des déjections successives de lave et de scories qui s'y accumulèrent en 1828, il était toujours entouré d'une nappe de lave demi-fluide, dans laquelle tombaient des scories et du sable.

Dans l'escarpement à demi circulaire de la Somma, qui fait face au Vésuve moderne, on voit un grand nombre de coulées de lave dont l'inclinaison forme un angle de 26° environ. Elles alternent avec des scories, et sont coupées par un grand nombre de dykes qui, ainsi que les coulées de lave, sont composés principalement d'augite, renfermant des cristaux d'amphigène. Toutefois, dans les dykes, la roche s'étant refroidie et solidifiée sous une pression plus considérable, est plus compacte. Quelques uns des dykes en traversent et en déplacent d'autres, ce qui prouve évidemment qu'ils résultent de plusieurs émissions successives. Mais tandis que la région la plus élevée de la Somma se trouve composée de ces produits ignés, on observe sur ses flancs, jusqu'à une certaine profondeur à partir de

la surface, des lits d'un tuf blanc ponceux analogue à celui qui, au Mont Pausilippe, et en plusieurs autres lieux voisins de Naples, renferme des coquilles appartenant à des espèces vivantes de la Méditerranée. Le ravin qu'on désigne sous le nom du « Fosso-Grande » offre un exemple remarquable de ces lits de tuf blanc. MM. Pilla, de Buch, et plusieurs autres géologues, pensent que les lits tufacés qui, dans la Somma, s'élèvent à plus de moitié de la hauteur de cette montagne, sont aussi d'origine sous-marine. Ils appuient leur opinion sur ce qu'on a trouvé, çà et là, dans ces lits, quelques coquilles marines et des serpules d'espèces récentes qui étaient attachées à des blocs calcaires intercalés dans le tuf (*).

Or, on prétend que ces strates, jadis accumulées sous la mer, ont pu, en s'élevant, être soumises à un mouvement particulier, d'où résulta une montagne conique; — hypothèse qui, dit-on, se trouve confirmée par ce fait, que les nappes de lave voisines de la cime de la Somma, sont si compactes, si cristallines, et d'une telle largeur, considérées séparément, que l'on ne peut admettre qu'elles aient coulé sur une pente escarpée. Il faut

(*) Dufrénoy, Mém. pour servir à une Descript. Géol. de la France, tome IV, p. 294.

donc supposer qu'elles se sont solidifiées sur une surface presque unie, et qu'elles ont été ensuite soulevées dans la position inclinée qu'elles présentent aujourd'hui.

Malheureusement, il ne se trouve point sur les flancs de la Somma de coupes assez profondes et assez continues pour faire voir d'une manière évidente les rapports de la lave, des scories et des dykes formant la partie la plus élevée de la montagne, avec les tufs marins qu'on observe sur sa déclivité. Il se pourrait que ces diverses formations eussent été produites simultanément, lorsque les flancs et la base de la Somma étant encore submergés, sa cime, comme celle du Stromboli, commença à se dégager de la mer. Cet état de choses peut être indiqué par un fait que M. de Buch a signalé, savoir, que les lits ponceux de Naples qui, dans le voisinage de la Somma, renferment des fragments d'une lave amphigénique particulière à cette montagne, cessent, plus loin, d'en contenir (*). Ne faut-il pas en conclure que des portions de cette lave ont été projetées par des explosions volcaniques, ou arrachées par les vagues, pendant que les strates ponceuses se déposaient sous la mer ?

(*) Descrip. Phys. des Iles Canaries, p. 344.

Nous ne possédons jusqu'à présent que peu de notions sur les lois qui président à l'écoulement de la lave sous les eaux, ou à l'arrangement des scories et de la poussière volcanique sur les flancs d'un cône sous-marin. Il est à croire, toutefois, que des matières émises par une ouverture volcanique peuvent se déposer sur une pente escarpée, et renfermer des coquilles, ainsi que les débris des animaux aquatiques qui vivent dans les intervalles de temps compris entre plusieurs éruptions. La lave, sous la pression de l'eau, serait moins poreuse; mais, comme le suggère le Dr Daubeny, elle peut conserver sa fluidité plus longtemps qu'à l'air libre; car la rapidité avec laquelle les corps échauffés se refroidissent lorsqu'ils sont plongés dans l'eau, tient surtout à la conversion des portions inférieures de l'eau en vapeur, laquelle vapeur, absorbant une grande quantité de chaleur, s'élève immédiatement, et est de nouveau transformée en eau. Mais sous la pression d'une mer assez profonde pour empêcher la production de la vapeur, la chaleur de la lave se dissiperait plus lentement, et à l'aide seulement de la circulation de courants d'eau ascendants et descendants, les portions les plus voisines de la source de chaleur devenant plus légères, et acquérant, par suite, la facilité de

déplacer l'eau qui se trouve au-dessus d'elles. Cette sorte de circulation s'effectuerait d'autant moins rapidement que dans l'atmosphère, qu'à égalité de température, la dilatation de l'eau est moins considérable que celle de l'air (*).

Si l'on admet que la position inclinée des coulées de lave et des tufs marins de la Somma peut être partiellement attribuée au déchirement du cône, ainsi que le prouve l'existence des dykes, renouvelée plusieurs fois, on peut admettre aussi que la forme de la montagne est due principalement à des éruptions provenant d'un orifice central. Il est également fort probable que le développement de la force soulevante, par laquelle la forme du cône peut avoir été modifiée, fut intermittent et graduel, et non pas concentré, ainsi que M. de Buch et plusieurs autres auteurs l'ont supposé, dans le seul effort d'une subite et violente convulsion.

Laves du Vésuve.—Les laves de la Somma sont caractérisées par des cristaux disséminés d'amphigène, que l'on dit être très rares dans les laves modernes du Vésuve, qui sont, en général, beaucoup plus scoriacées et moins cristallines que celles de la Somma (**).

(*) Voir Daubeny's Volcanos (Sur les Volcans, par Daubeny), p. 400

(**) Dufrénoy, Mém. pour servir, etc., tom. IV, p. 285.

A la forteresse située près de Torre del Greco, on observe la section d'un courant qui descendait jusqu'à la mer. Cette section offre un développement de quinze pieds (4^{m}, 6) de hauteur, et indique, dans sa partie inférieure surtout, une tendance marquée à se diviser en colonnes grossières. On en voit un exemple encore plus frappant, à l'ouest de Torre dell'Annunziata, où la masse se trouve à découvert près de Forte Scassato, jusqu'à la profondeur de vingt pieds (6^{m}). Dans les deux cas, toutefois, la roche peut être considérée plutôt comme se divisant en nombreuses fissures perpendiculaires, que comme étant prismatique, bien que dans l'un et l'autre exemple, le même effet pittoresque soit produit. Dans les courants de lave de la France centrale (ceux du Vivarais principalement), la partie supérieure qui, souvent, a quarante pieds (13^{m}), ou même plus d'épaisseur, consiste en une masse amorphe de lave, passant vers le bas à une forme irrégulièrement prismatique, et qui s'appuie sur d'autres laves, disposées en colonnes régulières et verticales; leur puissance, souvent, atteint, et dépasse même cent pieds. On ne doit guère s'attendre à rencontrer le même phénomène dans les courants peu profonds du Vésuve, où la partie la plus basse s'est refroidie plus rapidement; mais on peut le retrouver dans les courants mo-

dernes de l'Islande, dont le volume excède même celui des courants de la France ancienne.

M. Scrope rapporte que, dans les flancs du cratère moderne du Vésuve, il a vu plusieurs courants dont la structure était colomnaire, et quelques autres dont les divisions prismatiques offraient presque autant de régularité que celles des basaltes anciens. Il ajoute que d'autres présentaient, sur une très vaste échelle, une structure sphéroïdale concrétionnaire non moins remarquable (*). Breislak (**), aussi, nous apprend que dans la lave siliceuse de 1737, qui renferme de l'augite, de l'amphigène et des cristaux de feldspath, il a trouvé des prismes très réguliers. Cette observation faite dans une carrière voisine de Torre del Greco, a été confirmée par plusieurs auteurs modernes (***).

Effets de la décomposition sur les laves. — La décomposition de certaines laves feldspathiques a pour effet, soit qu'elle résulte simplement de l'action des agents atmosphériques, soit qu'elle provienne d'émanations gazeuses, de rendre ces laves molles comme de l'argile, de dures qu'elles étaient d'abord, ce qui leur ôte

(*) Journ. of Sci. vol. XV, p. 177.
(**) Voy. dans la Campanie, tome I, p. 201.
(***) M. Forbes, Edinb. Journ. of Sci., N° XVIII, oct. 1828.

toute ressemblance avec les roches qui, après avoir été dans un état de fusion, ont subi l'action du refroidissement. Les exhalaisons d'hydrogène sulfuré et d'acide muriatique qui se dégagent incessamment de la Solfatare, produisent aussi de fort curieuses altérations sur le trachyte de ce volcan presque éteint. La roche blanchit à l'air; elle devient poreuse, fissile, acquiert une structure analogue à celle d'un rayon de miel, et finit par s'égrener en une poudre blanche siliceuse (*). Les mêmes vapeurs donnent lieu aussi, dans cette roche décomposée, à la production d'un grand nombre de concrétions globulaires à lames concentriques (**).

Minéraux du Vésuve. — Les laves du Vésuve et de la Somma renferment une grande diversité de minéraux parmi lesquels l'augite, l'amphigène, le feldspath, le mica, l'olivine et le soufre sont les plus abondants. Une circonstance à remarquer, c'est que dans un espace de trois milles carrés (environ quatre dixièmes de lieue carrée) autour du Vésuve, on a trouvé un plus grand nombre de minéraux simples que dans aucun autre point de la surface du globe, sur une égale étendue. Haüy n'a connu et énuméré que 380 espèces de minéraux

(*) Daubeny, On Volcanos, p. 169.
(**) Scrope, Geol. Trans., second series, vol. II, p. 346.

simples, et avant la fin de 1828, on en a trouvé quatre-vingt-deux sur le Vésuve et dans les tufs situés sur les flancs de la Somma. Plusieurs de ces minéraux sont particuliers à cette localité, bien que quelques minéralogistes aient pensé que la plupart d'entre eux ne devaient point leur origine au Vésuve, mais qu'ils avaient été projetés, en fragments, de plus anciennes formations à travers lesquelles ont éclaté des explosions gazeuses. Cependant, comme aucune des roches anciennes ne contient, soit en Italie, soit ailleurs, un pareil assemblage de produits minéraux, on peut croire que cette hypothèse n'a été inspirée que par la répugnance que l'on éprouvait à admettre qu'à une époque aussi récente de l'histoire du globe, la Nature ait pu être aussi féconde en créations telles que tous ces rares et nouveaux composés. Si le Vésuve avait été un volcan de haute antiquité, formé quand la Nature

> Wanton'd as in her prime, and played at will
> Her virgin fancies (*),

on eût compris sans peine que ces diverses substances, et bien d'autres encore, pouvaient avoir été sublimées dans les crevasses de la lave, exacte-

(*) S'essayait comme dans son printemps, et préludait librement à ses premières fantaisies.

ment à la manière dont on sait que plusieurs nouveaux composés terreux et métalliques ont été produits par des fumerolles, depuis l'éruption de 1822.

Nature de la masse dans laquelle Herculanum et Pompéi sont engloutis. — Indépendamment des déjections qui tombent sur le cône, et de cette masse bien plus considérable encore qui descend graduellement jusqu'à la mer voisine, nous citerons une troisième sorte de formation dont l'épaisseur est souvent assez considérable; elle se compose d'alluvions qui se répandent sur les vallées et sur les plaines, à peu de distance du volcan. On sait que les cratères volcaniques émettent d'abondantes vapeurs aqueuses pendant les éruptions, et souvent cette émission continue longtemps après que la lave et les scories ont cessé d'être projetées. L'atmosphère froide qui entoure le pic volcanique condense ces vapeurs, et cela donne lieu à des pluies intenses. Les inondations ainsi occasionnées entraînent la poussière impalpable et les scories légères qui se rencontrent sur leur passage, jusqu'à ce qu'un courant de limon se trouve produit. Dans la Campanie, on désigne ce limon sous le nom de « lava d'acqua », et les courants qu'il forme sont souvent plus redoutables que les courants ignés (lava di fuoco), par suite de la vitesse bien plus

grande avec laquelle ils se meuvent. Le 27 octobre 1822, une de ces alluvions descendit le long du cône du Vésuve, et après avoir envahi une grande étendue de terre cultivée, elle se répandit tout-à-coup dans les villages de S. Sebastiano et de Massa, où, remplissant les rues et pénétrant dans l'intérieur des maisons, elle étouffa sept personnes. D'après ce qui précède, il sera facile de comprendre comment, vers la base d'un cône volcanique, il se trouve souvent des alternances de lave, d'alluvions et de pluies de cendres.

La question de savoir auquel de ces deux derniers modes de dépôt devait être attribuée la masse qui recouvre Herculanum et Pompéi a été l'objet d'une très vive controverse; mais cette discussion eût été bientôt terminée si les parties adverses avaient réfléchi que, soit que le sable et les cendres volcaniques eussent été transportés par l'eau courante ou par le vent, pendant une éruption, l'intérieur des bâtiments, ainsi que les caves et les autres constructions souterraines, n'auraient pu, tant que les toits seraient restés entiers, être remplis que par une *alluvion*. L'histoire nous apprend qu'en 79, du sable, des ponces et des lapilli, tombèrent pendant huit jours et huit nuits consécutivement, en assez grande quantité pour rendre Pompéi et Herculanum inhabitables, et que de très fortes pluies accompagnèrent ce phénomène. Nous devons

donc trouver une grande ressemblance entre les strates qui recouvrent ces villes, et celles dont se composent les petits cônes des Champs Phlégréens, qui, ainsi que le Monte Nuovo. se sont accumulés rapidement pendant une pluie continue de matières volcaniques, avec cette différence, toutefois, que les premières sont horizontales, et que les autres sont fortement inclinées. De plus, les gros fragments angulaires de roche qui sont rejetés près de la bouche d'éruption, manquent à une certaine distance où l'on ne rencontre que des lapilli. A ces exceptions près, il ne peut pas y avoir une identité plus parfaite entre la forme et la distribution de la matière accumulée à la base du Monte Nuovo que l'on voit à découvert par suite de l'action de la mer, et celles que présentent les couches qui recouvrent Pompéi. On y trouve de nombreuses alternances de lits horizontaux de tuf et de lapilli qui, minces pour la plupart, se subdivisent en tranches encore plus minces. En novembre 1828, j'observai, près de l'amphithéâtre, la coupe suivante, dont les formations sont indiquées en partant de haut en bas :

	Pieds.	Pouces.	Metres.	Centim.	Millim
1. Sable noir et brillant provenant de l'éruption de 1822, et contenant de petits cristaux, régulièrement formés, d'augite et de tourmaline.	0	2 à 3	0	5 à 7	5 (*)
2. Terre végétale. . . .	3	0	0	91	0
3. Tuf noirâtre incohérent, rempli de *globules pisolithiques* en couches, d'un demi pouce à trois pouces (1c,2 à 7c,5) d'épaisseur.	1	6	0	46	
4. Scories en petits fragments et lapilli blancs. .	0	3	0	7	5
5. Tuf terreux noirâtre, avec un grand nombre de globules pisolithiques.	0	9	0	22	5
6. Tuf terreux noirâtre, avec lapilli disposés en couches.	4	0	1	22	0
7. Couche de lapilli blanchâtres.	0	1	0	2	5
8. Tuf gris solide. . . .	0	3	0	7	5
9. Ponce et lapilli blancs .	0	3	0	7	5
	10	4	3	14	5

(*) La grande éruption de 1822 ne donna lieu qu'à une accumulation de quelques pouces de matière volcanique sur la ville de Pompéi. M. Forbes (Ed. Journ. of science, n° XIX, p. 131. Jan. 1829) parle de plusieurs pieds; mais il est à croire que ses mesures ont porté sur des points où la matière se trouvait agglomérée. L'épaisseur de la poussière et des cendres, qui était de cinq pieds (1m,5) au sommet du cratère, diminuait graduellement, et n'avait plus que dix

Une grande partie des cendres que renferment ces lits sont vitrifiées, et rudes au toucher; on y trouve des cristaux d'amphigène récents et farineux (*). L'épaisseur de la couche de cendres qui s'élève au-dessus des maisons est variable, mais elle excède rarement douze ou quatorze pieds ($3^m,6$ et $4^m,3$), et l'on prétend que la partie culminante de l'amphithéâtre a toujours dépassé le niveau de la surface du sol. Cependant, s'il en était ainsi, comment s'expliquerait-on que la ville n'eût été découverte qu'en 1750? On remarquera que deux des tufs brunâtres, et à demi solidifiés, de la coupe ci-dessus décrite, sont remplis de petits globules pisolithiques, — circonstance dont il n'est point question dans la controverse si animée que l'Académie Royale de Naples eut à soutenir contre un de ses membres, M. Lippi, relativement à l'origine des strates qui recouvrent Pompéi. Le mode d'agrégation de ces globules a été complétement expliqué par M. Scrope, qui, en 1822, vit s'en former un grand nombre, soit par l'effet de la pluie

pouces (25c) à Torre dell' Annunziata. Quant aux fragments lancés par le volcan, leur volume et leur poids s'amoindrissaient, dans la même strate continue, d'une manière très régulière, et proportionnellement à leur éloignement du centre de projection.

(*) Forbes, Ed. Journ. of Sci., n° XIX, p. 130. Jan. 1829.

tombant, pendant l'éruption, sur du sable volcanique très fin, soit à la manière dont la grêle est produite dans l'atmosphère, c'est-à-dire, par l'attraction mutuelle des parties les plus ténues d'un sable fin et humide. Leur présence s'accorde donc parfaitement avec les pluies abondantes et les ondées de sable et de cendres dont l'histoire fait mention (*).

Lippi donna pour titre à son ouvrage : « Fù il fuoco o l'acqua che sotterò Pompei ed Ercolano? » (**) et prétendit que ces deux villes ne furent ni détruites en 79, ni englouties par une éruption volcanique, mais que leur disparition doit être attribuée simplement à l'action de l'eau chargée de matières transportées. Ses lettres, dans lesquelles il s'efforce d'annihiler, autant que possible, l'action ignée, même au pied du volcan, furent, bien à juste titre, dédiées à Werner, et offrent un exemple vraiment divertissant de la polémique à laquelle s'abandonnaient les géologues de ce temps. Ses arguments étaient en partie de nature historique, en ce sens qu'ils s'appuyaient sur le silence fort remarquable, comme nous l'avons déjà fait observer, des historiens contemporains, à l'égard du sort de

(*) Scrope, Geol. Trans., second series, vol. II, p. 346.
(**) Napoli, 1816.

deux villes englouties; ils étaient aussi, en partie, tirés de preuves physiques. Lippi indique l'analogie frappante que la matière tufacée qui se trouve dans les voûtes et dans les caves d'Herculanum et de Pompéi offre avec les alluvions aqueuses, et la différence qu'elle présente avec les déjections tombées à travers l'atmosphère. Une matière plastique et humide pouvait seule, disait-il, avoir reçu l'empreinte, découverte dans un souterrain à Pompéi, du sein d'une femme, ou avoir donné le moule d'une statue trouvée dans le théâtre d'Herculanum. Vainement on lui objectait que l'origine ignée du tuf d'Herculanum et de Pompéi était prouvée par la carbonisation du bois de construction, du blé, des rouleaux de papyrus, et des diverses autres substances végétales qu'on y avait découvertes. A cela il répondait avec raison que les papyrus auraient été entièrement brûlés s'ils se fussent trouvés en contact avec le feu, et que le fait même de leur simple carbonisation fournissait la preuve évidente qu'ils avaient été enveloppés, comme le bois fossile, dans un sédiment déposé par les eaux. Les Académiciens, dans leur rapport sur le Mémoire de Lippi, prétendirent qu'au moment où l'amphithéâtre fut déblayé, on vit la matière disposée sur les gradins, en couches concaves représentant la forme intérieure du bâti-

ment, exactement comme aurait fait de la neige qui y serait tombée. Cette observation est du plus haut intérêt, et montre la différence qui existe entre une stratification de cendres dans un bâtiment ouvert, et une stratification de limon provenant de la même source, dans l'intérieur d'édifices et de souterrains. Peut-être ne devrions-nous point rappeler l'allégation en question, car au moment où eut lieu la controverse, elle ne put être vérifiée, la matière ayant alors complétement disparu ; Lippi, toutefois, profita de cette circonstance, et répondit à l'argument de ses adversaires en les sommant de prouver le fait qu'ils avançaient.

Pompéi n'a point été englouti par la lave. — Il est bien prouvé qu'aucun courant de lave n'a jamais atteint Pompéi, depuis l'époque où cette ville fut bâtie, bien que ses fondations reposent sur l'ancienne lave amphigénique de la Somma, dont plusieurs courants, entremêlés de tuf, ont été traversés dans les excavations qui furent pratiquées. A Herculanum, le cas n'est point le même, quoique la matière qui remplit l'intérieur des maisons et des souterrains doive y avoir été introduite à l'état de limon, comme celle que l'on a trouvée dans de semblables positions à Pompéi; cependant la masse supérieure diffère complétement, tant à l'égard

de la composition que de l'épaisseur. La ville d'Herculanum étant moins éloignée de quelques milles du volcan, a toujours été plus exposée à être couverte, non seulement par des pluies de cendres, mais aussi par des alluvions et des courants de laves, de sorte que des masses de ces différentes substances se sont accumulées sur cette ville, où leur épaisseur atteint souvent jusqu'à cent douze pieds (34m,), et n'a jamais moins de soixante-dix pieds (21m,) (*).

Le tuf qui couvre les bâtiments consiste en cendres volcaniques très fines, mêlées de ponce. Un masque enchâssé dans cette gangue a laissé un moule qu'Hamilton a comparé, pour la netteté de l'empreinte, aux moules en plâtre de Paris. Il ne portait point les traces de combustion qu'on eût trouvées s'il avait été placé dans une matière échauffée. Ce tuf, qui est poreux et tendre, se travaille aisément au moment où il vient d'être enlevé de son gisement, mais il acquiert une extrême dureté quand il est exposé à l'air. Au-dessus de cette couche, qui est la plus inférieure de toutes, se trouve, suivant Hamilton, « la matière provenant de six éruptions ; » elle forme un nombre égal de couches, sépa-

(*) Hamilton, Observ. on Mount Vesuvius (Observations sur le Vésuve, par Hamilton) p. 94. Londres, 1774.

rées par des lits de terre végétale, dans lesquels Lippi dit avoir recueilli une quantité considérable de coquilles terrestres. Or, l'exactitude de cette observation semble ne permettre aucun doute; car un grand nombre de limaces percent les terrains tendres, et quelques espèces d'Italie pénètrent dans le sol, jusqu'à la profondeur de cinq pieds ($1^m,55$) et même plus, quand elles se disposent à hiverner. Della Torre, aussi, nous apprend qu'une certaine partie de cette masse superposée renferme une couche de vraie lave siliceuse (*lava di pietra dura*); et, comme rien ne porte à supposer qu'un courant de cette nature ait coulé jusque près de mille ans après la destruction d'Herculanum, on doit en conclure que l'origine d'une grande partie de la matière qui recouvre cette ville est de beaucoup postérieure à l'événement qui détermina son premier ensevelissement. Herculanum, ainsi que Pompéi, était un port de mer; il se trouve encore aujourd'hui très près du rivage, mais Pompéi est séparé du Golfe de Naples par une langue de terre, d'un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) de longueur. Dans l'un et l'autre cas, on reconnaît que l'accroissement de la terre ferme est dû au comblement du lit de la mer par des matières volcaniques, et non à un exhaussement occasionné par des tremblements de terre; car on n'y observe aucun changement dans le niveau relatif du sol

et de la mer. Pompéi reposait sur une petite éminence formée des laves de l'ancien Vésuve, et d'où l'on descendait, par une suite de degrés, au bord de l'eau. On dit que les plus bas de ces degrés sont encore aujourd'hui exactement de niveau avec la mer.

De la condition dans laquelle se trouvaient les villes englouties, et des divers objets qui y ont été découverts. — Après avoir étudié la nature des strates qui enveloppent et entourent Herculanum et Pompéi, nous allons maintenant considérer, au point de vue géologique, la disposition que ces villes offraient intérieurement et les divers objets qu'elles renfermaient. Quoique Herculanum fût enfoui à une profondeur bien plus considérable que Pompéi, il fut découvert le premier, par suite d'une circonstance accidentelle : ce fut à l'occasion du percement d'un puits pratiqué en 1713, et qui alla aboutir sur le théâtre, où bientôt l'on trouva les statues d'Hercule et de Cléopâtre. On ignore encore laquelle des deux villes, d'Herculanum ou de Pompéi, était la plus importante : l'une et l'autre fondées par des colonies Grecques, sont mentionnées par plusieurs auteurs anciens parmi les sept villes les plus florissantes de la Campanie. Les murs de Pompéi avaient trois milles (1 l.) de circonférence, mais l'étendue d'Herculanum n'est point encore connue d'une ma-

nière certaine. Dans cette dernière ville, le théâtre seul est accessible à l'observation; le Forum, le Temple de Jupiter, et divers autres édifices ayant été remplis de débris à mesure que les ouvriers travaillaient, par suite de l'extrême difficulté de rejeter, d'une profondeur aussi grande, ces décombres au dehors. Le théâtre lui-même ne se voit qu'aux flambeaux, et le fait le plus intéressant, peut-être, que le géologue puisse observer en ce lieu, c'est la formation continuelle de stalactites qui s'opère dans les galeries pratiquées dans le tuf, où il se fait une infiltration constante d'eau chargée de carbonate de chaux et d'une petite quantité de magnésie. On conçoit que ces eaux minérales doivent, à la longue, produire de très grands changements dans beaucoup de roches, entre autres dans les laves, qu'elles peuvent amener à l'état d'amygdaloïde, en remplissant leurs pores de spath calcaire. Les géologues qui pensent que les roches volcaniques anciennes devraient être parfaitement semblables à celles d'origine moderne s'écartent donc de la voie de la raison, puisqu'il est évident qu'un grand nombre des roches de cette nature, produites de nos jours, ne conserveront pas longtemps le même aspect ni la même composition intérieure.

On a trouvé à Herculanum et à Pompéi plusieurs Temples avec des inscriptions ayant pour but de

consacrer la mémoire du rétablissement de ces édifices, après leur destruction occasionnée par un tremblement de terre qui eut lieu sous le règne de Néron, seize ans avant l'engloutissement des villes en question (*). A Pompéi, dont le quart se trouve actuellement à découvert, les monuments publics et particuliers offrent des traces de cette catastrophe : les murs sont lézardés, et, en plusieurs endroits, traversés par des fissures encore ouvertes. On voit sur le sol des colonnes à moitié taillées dans d'énormes blocs de travertin, et le temple auquel elles étaient destinées n'est également qu'à moitié réparé. En quelques points le pavé a été enfoncé; mais généralement il n'a éprouvé aucun dérangement, et consiste en grandes dalles de lave irrégulières, jointes ensemble avec le plus grand soin; les roues des chariots y ont souvent creusé des ornières d'un pouce et demi (38^{mm}) de profondeur. Dans les rues les plus larges, les ornières sont nombreuses et irrégulières; dans les plus étroites, il n'y en a que deux, une de chaque côté, mais elles sont très marquées. Ces ornières mêmes éveillent un vif intérêt, lorsqu'on pense qu'elles furent ainsi creusées, il y a plus de dix-sept siècles, par des roues de chariot; et

(*) Swinburne et Lalande. Paderni, Phil. Trans. 1758, vol. I, p. 619.

indépendamment de leur antiquité, il est fort remarquable de voir des sillons de cette profondeur se prolonger d'une manière aussi continue dans une roche de très grande dureté.

Petit nombre de squelettes trouvés à Herculanum et à Pompéi. — Il n'a été découvert qu'un très petit nombre de squelettes dans chacune de ces deux villes, ce qui fait présumer que la plupart des habitants eurent le temps de s'enfuir ; il est même fort probable qu'ils purent emporter avec eux leurs effets les plus précieux. On trouva, dans les casernes de Pompéi, les squelettes de deux soldats enchaînés avec des ceps, et l'on découvrit dans les caves d'une maison de campagne, située dans les faubourgs, ceux de dix-sept personnes qui, suivant toute apparence, s'y étaient réfugiées pour se mettre à l'abri de la pluie de cendres. Ces squelettes étaient enchâssés dans un tuf durci, où l'on trouva aussi le moule, parfaitement conservé, d'une femme, peut-être la maîtresse de la maison, tenant un enfant dans ses bras. Bien que la forme de son corps fût imprimée sur la roche, il ne restait que les ossements, auxquels était suspendue une chaîne d'or; aux doigts se trouvaient des anneaux enrichis de pierreries. De chaque côté de la même cave, on voyait une longue rangée d'amphores en terre.

Les caractères tracés par les soldats sur les murs

de leurs casernes, et les noms des propriétaires de chaque maison, écrits sur les portes, sont encore parfaitement lisibles. Dans l'intérieur des bâtiments, les couleurs des fresques peintes sur les murs enduits de stuc sont presque aussi vives que si elles venaient d'être terminées. Il y a des fontaines publiques dont la décoration extérieure se compose de coquilles disposées comme celles que l'on voit de nos jours sur les fontaines à Naples; et l'on a trouvé dans la chambre d'un peintre qui, probablement était naturaliste, une collection considérable de coquilles, dont un grand nombre appartenaient à des espèces de la Méditerranée; elles étaient en aussi bon état de conservation que si elles fussent constamment restées enfermées dans un musée. La comparaison de ces débris avec ceux que l'on trouve si généralement à l'état fossile, ne nous fournirait pas le moindre éclaircissement sur le temps nécessaire à la production d'un certain degré de décomposition ou de minéralisation; car, bien que dans des circonstances favorables, une altération beaucoup plus grande puisse sans doute être produite dans un laps de temps plus court, l'exemple que nous trouvons ici montre cependant qu'un ensevelissement de dix-sept siècles est quelquefois sans effet pour amener des coquilles à l'état fossile.

A Herculanum, les poutres des maisons sont noi-

res à l'extérieur ; mais, quand elles sont fendues, elles offrent intérieurement à peu près le même aspect que le bois ordinaire. On voit alors combien le passage de leur masse entière à l'état de lignite s'opère lentement. Quelques substances animales et végétales de nature à offrir moins de résistance ont éprouvé bien plus d'altération ; cependant leur état de conservation est encore extrêmement remarquable. Un grand nombre de filets, souvent entiers, ont été trouvés dans les deux villes ; cette circonstance a d'autant plus d'intérêt relativement à Pompéi que la mer en est aujourd'hui, comme nous l'avons constaté, à un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) de distance. On a découvert, à Herculanum, du linge dont la texture était bien conservée ; on y a trouvé aussi, dans la boutique d'un fruitier, des vases remplis d'amandes, de châtaignes, de noix et de fruits de caroubier, dont la forme se reconnaît parfaitement ; on a également trouvé dans la boutique d'un boulanger un pain dont la conservation est telle, qu'il porte encore le nom de ce dernier. Sur le comptoir d'un apothicaire on voyait une boîte de pilules converties en une poudre terreuse très fine, et un petit cylindre, évidemment préparé pour être divisé en pilules ; près de là se trouvait une jarre contenant des herbes médicinales. En 1827, on a découvert des olives humides, renfermées dans un bocal carré, et du caviar, dans un état de con-

servation vraiment extraordinaire. Covelli, de Naples, a publié une notice sur ces objets curieux, que l'on conserve, hermétiquement scellés, dans le musée de cette ville (*).

Papyrus.— Il existe une différence sensible entre l'état réel et l'apparence que présentent les substances animales et végétales trouvées à Pompéi et à Herculanum. Celles de Pompéi sont pénétrées d'un tuf gris pulvérulent, et celles d'Herculanum semblent avoir été d'abord enveloppées par une pâte qui, en se solidifiant alentour, facilita en elles le phénomène d'une carbonisation lente. Quelques uns des rouleaux de papyrus découverts à Pompéi conservent encore leur forme; mais l'écriture et presque toute la matière végétale semblent avoir disparu et avoir été remplacées par du tuf volcanique un peu pulvérulent. A Herculanum, la matière terreuse a pénétré à peine les objets qui s'y trouvaient; et la substance végétale du papyrus s'est transformée en une matière noire, fine et friable, dont l'aspect offre quelque analogie avec cette espèce d'amadou qui reste après qu'on a brûlé du papier fort, et où l'on distingue encore, parfois, les lettres qui avaient été tracées auparavant. Les petits paquets de pa-

(*) M. Forbes, Edin. Journ. of Sci., n° XIX, p. 130. Janv. 1829.

pyrus, composés de cinq ou six rouleaux attachés ensemble, avaient quelquefois été placés horizontalement, et c'était alors dans cette direction qu'ils se trouvaient pressés; d'autres fois, ils occupaient une position verticale. Chaque paquet portait une étiquette indiquant le titre de l'ouvrage. Dans l'un d'eux seulement, les feuilles étaient écrites des deux côtés. Ces papyrus sont, en général, tellement couverts de ratures et de corrections, qu'un grand nombre d'entre eux doivent être considérés comme des manuscrits originaux. La diversité d'écritures qu'on y remarque est tout-à-fait extraordinaire : bien que, pour la plupart, ils soient écrits en Grec, quelques uns cependant le sont en Latin. Ils ont presque tous été trouvés dans la bibliothèque d'une villa située dans un des faubourgs de la ville. A en juger d'après les titres des quatre cents papyrus les moins endommagés qu'on ait pu lire, ce sont des ouvrages peu importants, mais entièrement nouveaux, et traitant principalement de musique, de rhétorique et de l'art culinaire. Il y a deux volumes d'Epicure « Sur la Nature, » et les autres sont presque tous d'auteurs de la même école; on n'a trouvé qu'un seul fragment écrit par un adversaire d'Epicure, Chrysippe (*).

(*) L'auteur d'un des manuscrits qui se trouvaient entre les mains des interprètes au moment où je visitai le musée,

Probabilité de nouvelles découvertes de manuscrits.— Suivant l'opinion de quelques archéologues, on n'a pas encore exploré la centième partie de la ville, et les quartiers jusqu'ici déblayés à grands frais sont ceux où il y avait le moins de probabilité de découvrir des manuscrits. L'Italie, déjà si riche en amphithéâtres Romains et en temples Grecs, devait peu tenir à ajouter à ses nombreux monuments ceux des sombres et humides galeries d'Herculanum; ayant déjà en sa possession tant de chefs-d'œuvre de l'art ancien, n'eût-elle pas pu se dispenser de consacrer tant de travaux à la recherche de bustes et de statues d'une exécution aussi inférieure que ceux que l'on pouvait s'attendre à rencontrer dans les ruines d'une ville qui n'était que subalterne? Mais dès qu'il fut reconnu que les rouleaux de papyrus conservés à Herculanum pouvaient encore se déchiffrer, tous les efforts devaient avoir pour but exclusif la découverte d'autres bibliothèques. Au lieu de sacrifier tant de peines et de dépenses pour l'étude des édifices publics, n'eût-il pas mieux valu se livrer à des recherches dans les demeures particulières? — Une faible partie du zèle et de l'esprit

admet que tous les personnages d'Homère étaient allégoriques,— qu'Agamemnon était l'éther, Achille le soleil, Hélène la terre, Pâris l'air, Hector la lune, etc.

éclairé qui présidèrent à la l'expédition récente des Français et des Toscans en Egypte, aurait pu, depuis longtemps, si elle eût été appliquée à un pays plus voisin du nôtre, arracher de l'oubli quelques uns des ouvrages perdus du siècle d'Auguste, ou plusieurs de ceux qui sortirent de la plume d'historiens et de philosophes Grecs éminents. Un seul rouleau de papyrus aurait peut-être révélé plus de choses d'un haut intérêt qu'il n'en fut jamais écrit en hiéroglyphes (*).

Stabies. — Indépendamment des deux cités dont nous avons déjà fait mention, Stabies, petite ville située à six milles (2 l.) environ du Vésuve, et près de l'emplacement du moderne Castel-a-Mare (voy. la carte du district volcanique de Naples, p. 49), a été engloutie pendant l'éruption de 79. Pline rapporte que son oncle qui s'y trouvait alors fut obligé de fuir, à

(*) Le gouvernement Napolitain, qui avait discontinué les travaux pendant plusieurs années, fit déblayer, lors de mon séjour à Naples, en 1828, une petite portion d'Herculanum, près de la mer, où la masse avait le moins d'épaisseur. Lorsque cette dépense fut faite, on reconnut que ce point avait été déjà exploré en totalité, près d'un siècle auparavant, par un Français, le prince d'Elbeuf, qui en avait retiré tous les objets de quelque importance. Le manque de méthode avec lequel ces opérations ont toujours été faites, et sont encore continuées, est tel que l'on doit s'attendre à ce que de pareilles bévues se renouvelleront sans cesse.

cause de la grande quantité de pierres et de cendres qui y tombèrent. On a trouvé dans les ruines de cette ville quelques squelettes enfouis dans des déjections volcaniques, ainsi que quelques antiquités de peu de valeur, et des rouleaux de papyrus, qui, comme ceux de Pompéi, étaient illisibles.

Envahissement de Torre del Greco par des torrents de lave. — Des différentes villes dont jusqu'ici il ait été question, Herculanum est la seule qui fut engloutie par un courant de matière en fusion ; ce courant, ainsi que nous l'avons déjà vu, ne pénétra point dans les bâtiments qui avaient été auparavant enveloppés ou couverts de tuf, et n'y occasionna aucun dommage. Mais il est souvent arrivé que des torrents brûlants ont coulé dans les rues de Torre del Greco, et qu'ils ont consumé ou enfermé une grande partie de la ville dans une masse solide. Il semble assez probable que la mort de trois mille de ses habitants qui eut lieu en 1631, et que plusieurs récits attribuent à une émission d'eau bouillante, fut principalement déterminée par une de ces inondations alluviales dont nous avons parlé précédemment ; mais, en 1737, la lave elle-même se répandit sur la partie orientale de la ville, d'où, ensuite, elle atteignit la mer. En 1794, un autre courant, se précipitant sur le côté occidental, remplit les

rues et les maisons, et fit périr plus de quatre cents personnes.—La rue principale se trouve transformée en une carrière de lave d'où l'on a extrait des pierres pour construire de nouvelles maisons sur l'emplacement de celles qui avaient été détruites. L'église fut à moitié ensevelie dans une masse solide; mais sa partie supérieure a, depuis, servi de fondation à un nouvel édifice.

La population actuelle est évaluée à quinze mille individus; et l'on peut répondre d'une manière satisfaisante à ceux qui demandent comment les habitants de cette contrée peuvent faire assez « peu d'attention à la voix du temps et aux avertissements de la Nature (*), » pour rebâtir leurs demeures en un lieu si souvent dévasté. Parmi les divers points voisins qui ne sont pas occupés par des villes ou qui ne sont pas exposés aux mêmes dangers, aucun ne réunit autant d'avantages, quant à la proximité de la capitale, de la mer, et des terres fertiles qui recouvrent les flancs du Vésuve. Si donc la population actuelle venait à abandonner ces lieux, bientôt elle serait remplacée par une autre; et cela, par la même raison que la Maremme de la Toscane et la Campagne de Rome ne seront jamais dépeuplées, quoique la malaria et sa funeste influence y exercent plus de

(*) Sir H. Davy, Consolations in Travel, p. 66.

ravages, en quelques années, que les laves du Vésuve en un nombre égal de siècles. Entre mille autres exemples, le district qui avoisine Naples nous fournit la preuve que les régions dont la surface est le plus souvent renouvelée, et où ce renouvellement est accompagné, de temps à autre, de la destruction partielle de la vie animale et végétale, peuvent, néanmoins, se trouver au nombre des contrées les plus habitables et les plus délicieuses du globe.

Cette remarque, que j'ai déjà faite en parlant des régions où les causes aqueuses agissent aujourd'hui avec une très grande énergie, s'applique également aux parties de la surface du globe où vivent les animaux aquatiques, et à celles qui servent de demeure aux espèces terrestres. Les pentes du Vésuve alimentent une saine et vigoureuse population de quatre-vingt mille individus environ; quant aux collines et aux plaines adjacentes, elles doivent, ainsi que les îles voisines, la fertilité de leur sol aux matières rejetées par de précédentes éruptions. Si le calcaire qui forme la roche fondamentale des Apennins était resté à nu sur toute son étendue, sa surface n'aurait pu pourvoir à la subsistance de la vingtième partie de ses habitants actuels. Cette remarque n'échappera à aucun géologue, s'il observe les changements caractéristiques que présente le sol, sous le rapport de l'agriculture, dès qu'on fran-

chit les dernières limites des éjections volcaniques; aussitôt, par exemple, qu'arrivé à la distance d'environ sept milles (2 l. $\frac{1}{3}$) du Vésuve, on quitte la plaine pour gravir les collines de Sorrente.

Dernières remarques et conclusion. — Cependant, favorisée par la Nature comme cette région l'a été de temps immémorial, les traces de changements qui y ont été imprimées pendant la période où elle a servi de demeure à l'espèce humaine, pourront indiquer, dans les âges à venir, une série de bouleversements sans exemple. Supposons qu'à quelque époque future la Méditerranée vienne à former un golfe dans le Grand Océan, et que les vagues et le courant de la marée empiètent sur les rivages de la Campanie, comme cela a lieu aujourd'hui sur la côte orientale de l'Angleterre; — le géologue apercevra alors non seulement les villes déjà enfouies, mais toutes celles encore qui, très probablement, auront été englouties dans la suite des siècles, et qui, se montrant à nu dans les falaises escarpées, laisseront apercevoir des bâtiments superposés les uns aux autres, et séparés par d'épaisses couches de tuf ou de lave. Plusieurs de ces bâtiments, comme ceux d'Herculanum et de Pompéi, ne présenteront aucune trace de dommage occasionné par le feu; d'autres, comme ceux de Torre del Greco, seront à demi consumés; et un

grand nombre, enfin, comme à Tripergola, au pied du Monte Nuovo, se trouveront dispersés de la manière la plus confuse. Parmi les ruines, on découvrira des squelettes d'hommes, et des empreintes de corps humains formées dans des roches solides de tuf. Des traces de tremblements de terre se feront remarquer aussi. Le pavé d'une partie de la Voie Domitienne et le Temple des Nymphes, submergés à la haute mer, seront à découvert au moment des basses eaux, les colonnes de ces édifices restant intactes et debout. On apercevra encore d'autres temples qui, après s'être affaissés anciennement, comme celui de Sérapis, auront ensuite été élevés de nouveau, par l'effet de mouvements ultérieurs. Or, si les observateurs qui se livrent à l'étude de ces phénomènes et à la recherche de leurs causes admettent qu'à certaines époques les lois de la Nature, ou le cours général des événements naturels, différaient extrêmement de ce qu'ils observent de leurs jours, ils n'hésiteront point à rapporter à ces âges primitifs les curieux monuments dont nous parlions tout-à-l'heure. D'un autre côté, s'ils considèrent les preuves nombreuses des catastrophes multipliées auxquelles fut sujette, autrefois, la région soumise à leurs investigations, peut-être plaindront-ils la destinée fatale des êtres condamnés à habiter une planète à l'état naissant et chaotique, et se féli-

citeront-ils de ce que leur race privilégiée ait échappé à de telles scènes de désordre et de confusion.

Cependant, quel était l'état réel de la Campanie pendant ces années de terribles révolutions ? « Elle jouissait d'un climat où le souffle du ciel faisait sentir sa douce et bienfaisante influence — une nature vigoureuse et luxuriante y prodiguait les trésors d'une végétation sans pareille, — et jadis, ses rivages, qui étaient l'Élysée des poëtes, étaient aussi la retraite favorite des grands hommes. Il n'est pas jusqu'aux tyrans du genre humain, eux-mêmes, qui n'aient affectionné cette attrayante région : aussi, non seulement ils l'épargnèrent, mais ils l'embellirent, y passèrent leur vie et y moururent (*). » Les habitants, il est vrai, n'ont été exempts d'aucune des calamités qui forment le lot de l'espèce humaine ; mais les maux qu'ils éprouvèrent doivent être attribués à des causes morales et non à des causes physiques — à des événements désastreux que l'homme aurait pu maîtriser, plutôt qu'aux catastrophes inévitables qui résultent de l'action souterraine. A l'époque où Spartacus fit camper son armée de dix mille gladiateurs dans l'ancien cratère éteint du Vésuve, le volcan était pour les habitants de la Campanie un bien plus juste objet de terreur qu'il ne l'a jamais été depuis que ses feux se sont rallumés.

(*) Forsyth's Italy (L'Italie par Forsyth), vol. II.

CHAPITRE IV.

ETNA.

Physionomie extérieure de l'Etna. — Cônes latéraux. — De leur oblitération successive. — Eruptions anciennes. — Les Monti Rossi en 1669. — Villes englouties par la lave. — Ensevelissement d'une partie de la ville de Catane. — Mode de progression d'un courant de lave. — Cavernes souterraines. — Strates marines à la base de l'Etna. — Le Val del Bove ne doit pas être considéré comme un cratère ancien. — De l'aspect qu'il présente. — Forme, composition et origine des dykes. — Direction linéaire des cônes formés en 1811 et 1819. — Laves et brèches. — Inondation résultant de la fonte des neiges par la lave. — Glacier couvert par un courant de lave. — De la manière dont a été formé le Val del Bove. — Structure et origine du cône de l'Etna. — Examen de la question de savoir si les nappes inclinées de lave ont été horizontales à l'origine. — Ancienneté de l'Etna. — Considérations tendant à reconnaître s'il existe des traces de vagues diluviales sur l'Etna.

Physionomie extérieure de l'Etna. — Après le Vésuve, le volcan pour lequel nous possédons les renseignements les plus authentiques est l'Etna, ce

géant des volcans qui, du bord de la mer, s'élève, solitaire, jusqu'à la hauteur de près de onze mille pieds (plus de 3300^{m}) (*). La base du cône est presque circulaire, et a quatre-vingt-sept milles anglais (31 $^{1}\frac{1}{2}$) de tour; mais si l'on compte toute l'étendue sur laquelle se sont répandues les laves émises par ce volcan, on peut en évaluer, très probablement, la circonférence au double de cette mesure.

Division de l'Etna en trois régions. — Le cône se trouve divisé naturellement en trois zones distinctes, qu'on désigne sous les noms de région *fertile*, région *boisée* et région *déserte*. La première comprend le pays délicieux qui entoure la base

(*) En 1815, le Capitaine Smyth a constaté, au moyen de mesures trigonométriques, que la hauteur de l'Etna était de 10,874 pieds (3314^{m},4); mais les habitants de Catane, vivement contrariés de ce que leur montagne avait perdu près de 2000 pieds (610$_{m}$) de la hauteur qui lui avait été attribuée par Recupero, refusèrent d'admettre cette détermination. Plus tard, en 1824, sir J. Herschell, sans avoir connaissance du résultat obtenu par le Capitaine Smyth, établit, à l'aide de mesures barométriques exécutées avec le plus grand soin, que cette hauteur était de 10,872 1/2 pieds (3313^{m},9). Sir J. Herschell parle de la coïncidence singulière que présentent des résultats obtenus par des moyens aussi différents comme « d'un hasard heureux; » mais le Dr Wollaston remarque « qu'un pareil hasard ne se serait pas rencontré s'il se fût agi de deux imbéciles. »

de la montagne; elle est bien cultivée, très peuplée et couverte d'oliviers, de vignes, de blé, d'arbres fruitiers et de plantes aromatiques. Plus haut, la montagne est entourée par la région boisée, qui consiste en une vaste forêt de sept ou huit milles (2 à 3 l.) de large, où de nombreux troupeaux trouvent de riches pâturages. Parmi les diverses espèces d'arbres qui y croissent, les châtaigniers, les chênes et les pins sont les plus nombreux; en quelques points, on y trouve aussi des buissons de chênes-liéges et de hêtres. Au-dessus de la forêt est la région déserte, entièrement couverte de laves noires et de scories, et où, sur une sorte de plaine, s'élève le cône jusqu'à la hauteur d'environ onze cents pieds (335^{m}). De ce cône se dégagent sans cesse des vapeurs sulfureuses. Le trait tout à la fois le plus grandiose et le plus original que présente l'Etna, est la multitude de cônes, de moindres dimensions, qui sont dispersés sur ses flancs, et surtout dans la région boisée. Quoique ces cônes, vus d'une certaine distance, ne paraissent que comme des inégalités insignifiantes, et ne semblent être que des parties subordonnées d'une montagne aussi imposante et aussi colossale que l'Etna, dans toute autre région ils seraient considérés comme des collines d'une hauteur considérable.

Cônes produits par des éruptions latérales. — Sans compter un grand nombre de monticules de cendres, formés en différents points, il existe environ quatre-vingts de ces volcans secondaires, dont les dimensions sont réellement considérables ; cinquante-deux d'entre eux reposent sur les flancs ouest et nord de l'Etna, et vingt-sept sont placés sur sa pente orientale. Un des plus grands, le Monte Minardo, situé près de Bronte, a plus de sept cents pieds (213^{m}) de hauteur, et une double colline (les Monti Rossi), produite en 1669 dans le voisinage de Nicolosi, a quatre cent cinquante pieds (137^{m}) d'élévation et deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) de circonférence à sa base, ce qui forme un volume un peu supérieur à celui du Monte Nuovo, dont nous avons précédemment donné la description. Cette colline, toutefois, ne figure que comme un cône de seconde grandeur parmi ceux auxquels ont donné naissance les éruptions latérales de l'Etna. Vus des limites inférieures de la région déserte, ces volcans offrent une des scènes les plus magnifiques et les plus caractéristiques de l'Europe : ils réunissent toutes les variétés possibles de hauteur et de grandeur, et sont disposés en groupes non moins élégants que pittoresques. Quelque uniforme qu'ils puissent paraître lorsqu'on les voit de la mer ou des plaines qui sont situées à leur base, rien n'est plus

diversifié que les formes qu'ils présentent quand l'œil pénètre de leur cime dans leur cratère, dont généralement un des côtés est détruit. En effet, peu d'objets dans la Nature sont plus pittoresques qu'un cratère volcanique tapissé de forêts. Les cônes situés dans les parties les plus hautes de la zone boisée sont, principalement, couverts de sapins très élevés; tandis que ceux qui occupent des points inférieurs sont garnis de châtaigniers, de chênes, de hêtres et de houx.

Oblitération successive de ces cônes. — Quelque incomplète et peu suivie que soit l'histoire des éruptions de l'Etna, elle ne laisse pas, néanmoins, de répandre beaucoup de clarté sur la manière dont l'ensemble de la montagne a successivement atteint ses dimensions actuelles, et sur son mode de structure intérieure. Le cône principal s'est plus d'une fois écroulé, et plus d'une fois aussi il a été reproduit. En 1444, son élévation dépassait trois cent vingt pieds (98^{m}), mais il fut renversé à la suite des tremblements de terre que l'on ressentit en 1537. Lors de celui qui, en 1693, ébranla toute la Sicile, et occasionna la mort de soixante mille personnes, le cône, dit Boccone, perdit une si grande partie de sa hauteur, qu'il n'était plus visible de plusieurs points du Valdemone, d'où on l'apercevait auparavant. C'est

du grand cratère, ou des bouches latérales situées dans la région déserte, qu'émanent le plus grand nombre d'éruptions. Quand des collines viennent à surgir dans la zone moyenne, et qu'elles s'élèvent au-dessus du niveau général, leur hauteur diminue graduellement pendant les éruptions suivantes ; car, lorsque la lave descend des parties supérieures de la montagne, et qu'elle rencontre quelqu'une de ces collines, le courant se divise et se répand autour d'elles, de manière à exhausser le sol légèrement incliné qui leur sert d'appui. Il leur arrive donc souvent de perdre tout d'un coup vingt pieds (6^{m}), trente pieds (9^{m}), ou même plus, de leur élévation relative; et c'est ainsi que la hauteur d'un des petits cônes, désigné sous le nom du Monte Peluso, se trouva diminuée en 1444, par le grand courant de lave dont il fut entouré. Récemment, un autre courant a pris la même direction; mais cela n'a point empêché cette colline de conserver encore une hauteur de quatre ou cinq cents pieds (120 et 150^{m} environ).

Près de Nicolosi, on observe un cône, le Monte Nucilla, autour de la base duquel plusieurs courants se sont répandus, et plusieurs pluies de cendres sont tombées successivement, depuis les temps historiques, jusqu'à ce qu'enfin, lors d'une éruption qui eut lieu en 1536, la plaine environnante se trou-

vât tellement exhaussée, que le sommet du cône resta seul saillant au-dessus du niveau général. Le Monte Nero, situé au-dessus de la Grotta delle Capre, fut, en 1766, presque entièrement submergé par un courant; en 1669, le Monte Capreolo offrit un curieux exemple du dernier degré d'oblitération : un courant de lave, descendant sur une haute crête formée par la superposition continue de plusieurs autres courants, s'épancha directement dans le cratère, et le combla presque entièrement. La lave de chaque nouveau cône latéral tend donc à diminuer la hauteur relative des cônes inférieurs par rapport à leur base ; de sorte que les flancs de l'Etna, s'inclinant doucement, recouvrent successivement un grand nombre de volcans plus petits, tandis que de nouveaux se forment de temps en temps.

Anciennes éruptions de l'Etna.—Il paraît que l'Etna a été en activité dès les temps les plus reculés de la tradition ; car Diodore de Sicile fait mention d'une éruption qui, avant la guerre de Troie, obligea les Sicaniens d'abandonner un des districts qu'ils occupaient. Thucydide (*) nous apprend que dans la sixième année de la guerre du Péloponèse, c'est-à-dire à une époque correspondant au printemps de l'année 425 avant l'ère Vulgaire, les environs

(*) Livre III, à la fin.

de Catane furent dévastés par un courant de lave, lors de la troisième éruption qui, suivant lui, eut lieu en Sicile après l'établissement d'une colonie Grecque dans cette île. La seconde des trois éruptions citées par Thucydide se manifesta en 475 avant J.-C.; c'est celle que, deux ans après, Pindare décrivit si poétiquement, dans sa première ode pythique : —

χιων
Δ' ουρανια συνεχει
Νιφοεσσ' Αιτνα, πανετες
Χιονος οξειας τιθηνα·

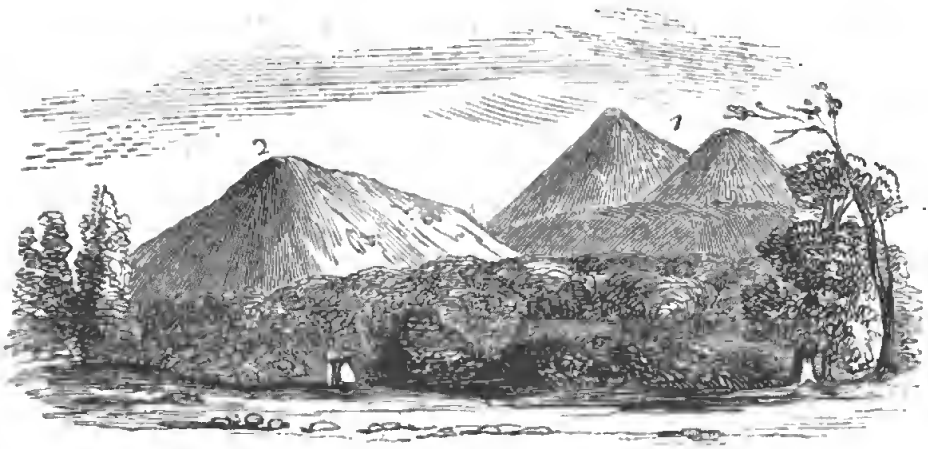
Ces vers, et les sept autres qui suivent renferment une description graphique de l'Etna, conforme à l'aspect qu'il offrait cinq siècles avant notre ère, et à celui qu'il a présenté pendant les éruptions qui ont eu lieu dans les temps modernes. Bien que le poëte ne fasse allusion au volcan de Sicile qu'incidemment, et comme étant le tombeau de Typhée, quelques touches de cette main de maître ont suffi pour que chacun des traits les plus saillants du tableau ait été fidèlement représenté. Quand on parle de ce volcan, souvent on dit : « Le neigeux Etna, la Colonne du Ciel, — montagne qui, tout en entretenant des glaces éternelles, renferme dans ses antres profonds les sources d'un feu inaccessible, — d'où s'échappent,

pendant le jour, un tourbillon de fumée, et pendant la nuit une flamme éclatante et rougeâtre, — d'où, enfin, des roches brûlantes se détachent et roulent dans la mer avec un horrible fracas. »

Éruption de 1669. — *Formation des Monti Rossi.* — La grande éruption de 1669 est la première qui mérite une attention particulière. Un tremblement de terre ayant détruit toutes les maisons de Nicolosi, ville située près de la limite inférieure de la région boisée, à vingt milles (7 l.) environ du sommet de l'Etna, et à dix milles ($3\frac{1}{2}$ l.) de la mer à Catane, deux gouffres s'ouvrirent près de cette ville, et il en sortit une telle quantité de sable et de scories, que dans l'espace de trois ou quatre mois un double cône se trouva formé : on le désigne sous le nom des Monti Rossi, et il a environ quatre cent cinquante pieds (137^{m}) de hauteur. Mais le phénomène le plus extraordinaire se manifesta, au commencement de la convulsion, dans la plaine de S. Lio. Une fissure de six pieds (1^{m},8) de large et d'une profondeur qui n'est pas connue, s'ouvrit avec un bruit effroyable, et en suivant une direction un peu sinueuse, jusqu'à un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) du sommet de l'Etna. Elle s'étendait du nord au sud, sur un espace de douze milles (41.), en émettant une clarté très vive. Cinq autres fissures parallèles d'une longueur consi-

dérable s'ouvrirent ensuite successivement ; il s'en échappa de la fumée, et les mugissements qui en sortirent furent entendus jusqu'à la distance de quarante milles (14 l.). Ce phénomène semble offrir

Fig. 56.



Petits cônes situés sur les flancs de l'Etna.

1, Les Monti Rossi, près de Nicolosi, formés en 1669.
2, Vampeluso? (*).

au géologue un exemple de la manière dont les dykes continus de porphyre vertical qui traversent quelques unes des laves les plus anciennes de l'Etna ont été formés ; car la lumière émise par la grande fente de

(*) Mon guide donnait à cette colline le nom de Vampolara mais celui de Vampeluso est plus conforme à la désignation que j'ai trouvée dans le Catalogue des Petits Cônes qu'a donné Gemmellaro.

S. Lio paraît indiquer que cette fissure était remplie de lave incandescente, probablement jusqu'à la hauteur d'un orifice peu éloigné des Monti Rossi, et qui se forma à cette époque, en donnant issue à un courant de lave. Quand la matière en fusion se refroidit dans une pareille fissure, elle doit former un mur solide ou un dyke, qui coupe les roches plus anciennes; des fentes semblables ont été observées lors de plusieurs éruptions postérieures ; en 1832, par exemple, lorsqu'elles se dirigèrent en tous sens à partir du centre du volcan. M. Elie de Beaumont a fort judicieusement remarqué que ces fractures en forme d'étoile pouvaient indiquer un léger soulèvement du massif de l'Etna. Elles semblent offrir l'indice de l'extension de cette montagne, qui se serait ainsi élevée graduellement par l'effet d'une force agissant de bas en haut (*).

Le courant de lave de 1669, dont nous avons déjà parlé, atteignit bientôt dans sa course un petit cône appelé Mompilière, à la base duquel il se précipita dans une grotte souterraine, communiquant avec une série de ces cavernes si communes dans les laves de l'Etna. Là, il paraît avoir déterminé la fusion de quelques unes des fondations voûtées de la colline, ce qui a donné lieu à une légère dépression

(*) Mém. pour servir à une Desc. Géol. de la France, t. IV, p. 116.

dans l'ensemble du cône, et y a occasionné un grand nombre de fissures.

Destruction d'une partie de la ville de Catane. — La lave, après avoir envahi quatorze villes ou villages dont plusieurs avaient une population de trois à quatre mille individus, finit par s'avancer jusqu'aux murs de Catane, destinés à protéger la ville. Le flot brûlant s'amoncela jusqu'à ce qu'il atteignît le sommet du rempart, dont la hauteur était de soixante pieds (18^{m}); puis il retomba en formant une cascade de feu, et engloutit une partie de la ville. Le mur, toutefois, ne fut pas renversé; mais lors des fouilles que le prince de Biscari fit exécuter longtemps après dans la roche, il fut mis à découvert, de sorte qu'aujourd'hui le voyageur peut voir sur le sommet du rempart la lave solidifiée, offrant exactement l'aspect ondulé qu'elle présentait au moment de sa chute.

Ce grand courant avait parcouru un espace de quinze milles (5 ½ l.) avant de pénétrer dans la mer, où il conservait encore une largeur de six cents mètres et une épaisseur de douze mètres. Il recouvrit plusieurs districts des environs de Catane qui, auparavant, n'avaient jamais été atteints par les laves de l'Etna. Pendant qu'il s'avançait, sa surface présentait, en général, une masse solide; et sa marche,

ainsi que cela arrive d'ordinaire pour les courants de lave, avait lieu par les crevasses accidentelles de ses murailles solides. Un habitant de Catane, nommé Pappalardo, dans le but de préserver la ville de l'atteinte du torrent qui la menaçait, sortit de Catane avec cinquante hommes qu'il fit couvrir de peaux pour les garantir de l'action du feu, et qu'il arma de leviers et de crochets en fer. Ils firent une tranchée dans un des murs solides qui flanquaient le courant près de Belpasso, et aussitôt un flot de matière en fusion s'échappa par cette ouverture, en se dirigeant vers Paterno; mais les habitants de cette ville, alarmés pour leur propre sûreté, prirent les armes, et empêchèrent qu'on se livrât à d'autres travaux (*).

Nous citerons encore, comme exemple de la solidité des murailles d'un courant de lave, lorsqu'il est en mouvement, le fait suivant, que raconte Recupero. En 1766, étant monté au sommet d'une petite colline formée de matière volcanique ancienne, pour observer la marche lente et graduelle d'un courant igné, de deux milles et demi ($\frac{5}{6}$ de l.) de large, il vit tout à coup, deux petits filets de matière en fusion qui, sortant d'une crevasse, se détachèrent du courant principal, et se précipitèrent avec rapidité

(*) Ferrara, Descriz. dell' Etna, p. 108.

vers la colline. Ils n'eurent, lui et son guide, que le temps de fuir, avant que la colline, qui avait cinquante pieds (15^{m}) de haut, se trouvât entourée par cette matière; un quart d'heure après, elle était fondue, et coulait avec la masse brûlante.

Toutefois il ne faut pas supposer que cette fusion complète d'une matière rocheuse au contact de la lave ait lieu toujours ou même fréquemment. Ce phénomène n'arrive vraisemblablement que lorsque des matières incandescentes, nouvellement émises, se mettent successivement en contact avec des matériaux fusibles. A peine aperçoit-on dans plusieurs des dykes qui traversent les tufs et les laves de l'Etna la moindre altération produite par la chaleur sur les bords des lits horizontaux en contact avec la masse verticale et plus cristalline. En 1704, on fit des fouilles sur l'emplacement de Mompilière, une des villes englouties lors de la grande éruption précédemment décrite; mais ce ne fut qu'à force de travail et de peine que les ouvriers atteignirent, à trente-cinq pieds (près de 11^{m}) de profondeur, la porte de l'église principale, où étaient trois statues en grande vénération. Une d'elles, ainsi qu'une cloche, quelques pièces de monnaie et différents autres objets, furent retirés, dans un très bon état de conservation, de dessous une grande voûte formée par la lave. Il semble très extraordinaire que des ouvrages

d'art aient pu, sans être enveloppés de tuf, comme ceux d'Herculanum, échapper à la fusion dans les cavités qu'a laissées ce courant de lave, qui, huit ans après avoir pénétré dans Catane, conservait encore une chaleur telle, qu'on ne pouvait tenir la main dans quelques unes de ses crevasses.

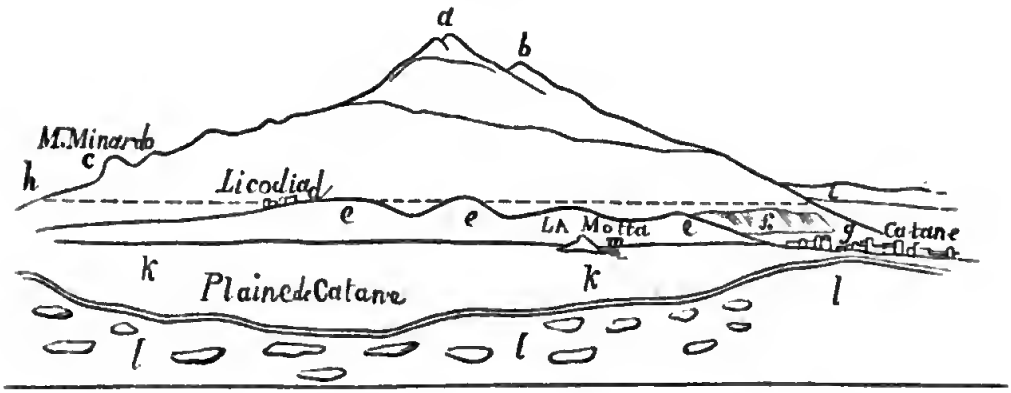
Cavernes souterraines de l'Etna. — Il a déjà été question d'un courant de lave qui, pénétrant dans une grotte souterraine, mina partiellement la base d'une colline. Ces sortes de passages souterrains forment un des traits les plus remarquables de l'Etna, et paraissent devoir leur origine au durcissement de la lave pendant le dégagement des énormes quantités de gaz qui, souvent, s'échappent pendant plusieurs jours de suite après que l'éruption a cessé. Non loin de Nicolosi et des Monti Rossi, une de ces grandes ouvertures, désignée sous le nom de la Fossa della Palomba, a six cent vingt-cinq pieds (190^{m}) de tour à son orifice, et soixante-dix-huit (24^{m}) de profondeur. Au fond de cette ouverture, se trouve une autre cavité sombre; puis, d'autres encore qui se succèdent, et conduisent quelquefois dans des précipices où l'on descend à l'aide d'échelles. Ces voûtes aboutissent à une grande galerie de quatre-vingt-dix pieds (27^{m}) de long, sur quinze à cinquante (5 et 15^{m}) de large, et au-delà

de laquelle il y a encore un passage; mais comme jusqu'ici il n'a point été exploré, l'étendue de ces cavernes est restée inconnue (*). Les murs et les plafonds de ces grandes voûtes sont composés de scories rudes et cassantes, qui offrent les formes les plus fantastiques.

Des strates marines qu'on observe à la base de l'Etna.—Si l'on suit la région fertile qui s'étend à la base de l'Etna, sur ses parties est et sud, on aperçoit des strates marines d'argile, de sable et de tuf volcanique qui viennent affleurer sous les laves modernes. Les coquilles fossiles marines que l'on rencontre dans ces strates sont toutes, ou presque toutes, identiques avec des espèces qui habitent aujourd'hui la Méditerranée. De plus, comme, aux environs de Catane, on les trouve à la hauteur de six à huit cents pieds (183 à 244^{m}) au-dessus du niveau de la mer, il y a tout lieu de croire que dans cette région, ainsi qu'en quelques autres points plus méridionaux de la Sicile, l'ancien lit de la mer a subi un mouvement ascensionnel. Ne doit-on pas en conclure que la masse entière de la montagne, à l'exception des parties d'origine très moderne, a participé à ce soulèvement?

(*) Ferrara, Descriz. dell' Etna, Palerme, 1818.

Fig. 57.



Vue de l'Etna prise du sommet du plateau calcaire de Primosole.

a, Cône le plus élevé.
b, La Montagnuola.
c, Le Monte Minardo, avec plusieurs petits cônes lateraux, étagés au-dessus.
d, Ville de Licodia dei Monaci.
e, Formation marine désignée sous le nom de creta, lits argileux et sablonneux avec quelques coquilles, et roches volcaniques associées.
f, Escarpement de tuf volcanique stratifié sous-aqueux, au nord-ouest de Catane.
g, Ville de Catane.
h, *i*, Ligne ponctuée représentant la limite la plus élevée des points où l'on voit quelquefois les strates marines.
k, Plaine de Catane.
l, Plateau de Primosole, appartenant à la période du Nouveau Pliocène.
m, La Motta di Catania.

Vu du sud, l'Etna laisse apercevoir les dépôts marins ci-dessus mentionnés formant une ligne basse de collines (*e e*, Fig. 57), ou une falaise in-

térieure escarpée (*f*), comme l'indique la vue ci-jointe, prise du plateau calcaire de Primosole. Toutefois nous ferons observer, au sujet de cette esquisse, que le cône volcanique est dix fois plus élevé que les collines situées à sa base (*e e*), quoiqu'il paraisse moins haut, ce qui tient à ce que le sommet du cône est dix ou douze fois plus éloigné de la plaine de Catane que Licodia.

La montagne présente, en général, une forme très symétrique : c'est un cône aplati, dont le versant oriental se trouve interrompu par une vallée profonde, appelée le Val del Bove ou « Val di Bué », dans le langage des paysans de la contrée ; car là le pâtre

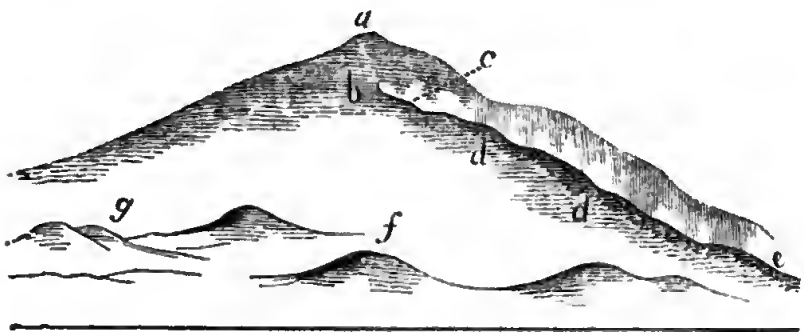
— « in reductâ valle *mugientium*
Prospectat errantes greges. »

Le Dr Buckland fut, je crois, le premier géologue Anglais qui observa cette vallée avec quelque attention, et je lui suis redevable de me l'avoir signalée, avant que je visitasse la Sicile, comme étant plus digne d'attention qu'aucun autre point isolé de cette île, ou même peut-être de l'Europe entière.

Le Val del Bove commence près du sommet de l'Etna, et, descendant dans la région boisée, se

trouve continué, d'un côté, par une seconde vallée plus étroite, que l'on nomme le Val di Calanna. Au-dessous de celle-ci, une autre vallée commence : c'est le Val di S. Giacomo, ravin long et étroit qui se prolonge jusqu'aux environs de Zaffarana (*e*, Fig. 58), situé sur les confins de la région fertile. Ces sillons, tracés par la nature sur le flanc du volcan, sont d'une telle profondeur qu'ils laissent apercevoir une

Fig. 58.



Grande vallée située sur le côté oriental de l'Etna.

a, Cône le plus élevé.
b, La Montagnuola.
c, Commencement du Val del Bove.
d, *d*, Le Serre del Solfizio.
e, Village de Zaffarana, situé sur la lisière inférieure de la région boisée.
f, Un des cônes latéraux.
g, Les Monti Rossi.

grande partie de la structure du massif, qui, dans le Val del Bove, se trouve à découvert jusqu'à trois

LE VAL DEL BOVE (Etna)

Vu d'en bas

Digitized by Google

Digitized by Google

ou quatre mille pieds (900 à 1200^{m}) du sommet de l'Etna. Le géologue peut ainsi reconnaître à quel point la conformation intérieure du cône diffère de celle qu'il aurait pu supposer d'après le mode d'accroissement qui a été observé pendant la période historique.

Description de la planche VIII. — La vue ci-jointe (Pl. VIII) est une des portions du panorama dont j'ai fait une esquisse en novembre 1828. Quoiqu'elle ne puisse donner aucune idée de la grandeur pittoresque de la scène, elle aidera du moins le lecteur à comprendre quelques détails topographiques auxquels nous aurons plus tard occasion de recourir.

On voit les grands courants de lave de 1819 et de 1811, qui, se déversant des parties les plus hautes de la vallée, envahissent les forêts de la grande plaine, et s'élèvent sur la gauche du premier plan avec une surface rugueuse, où l'on observe des éminences et des dépressions analogues à celles qui souvent caractérisent un courant de lave au moment de sa solidification.

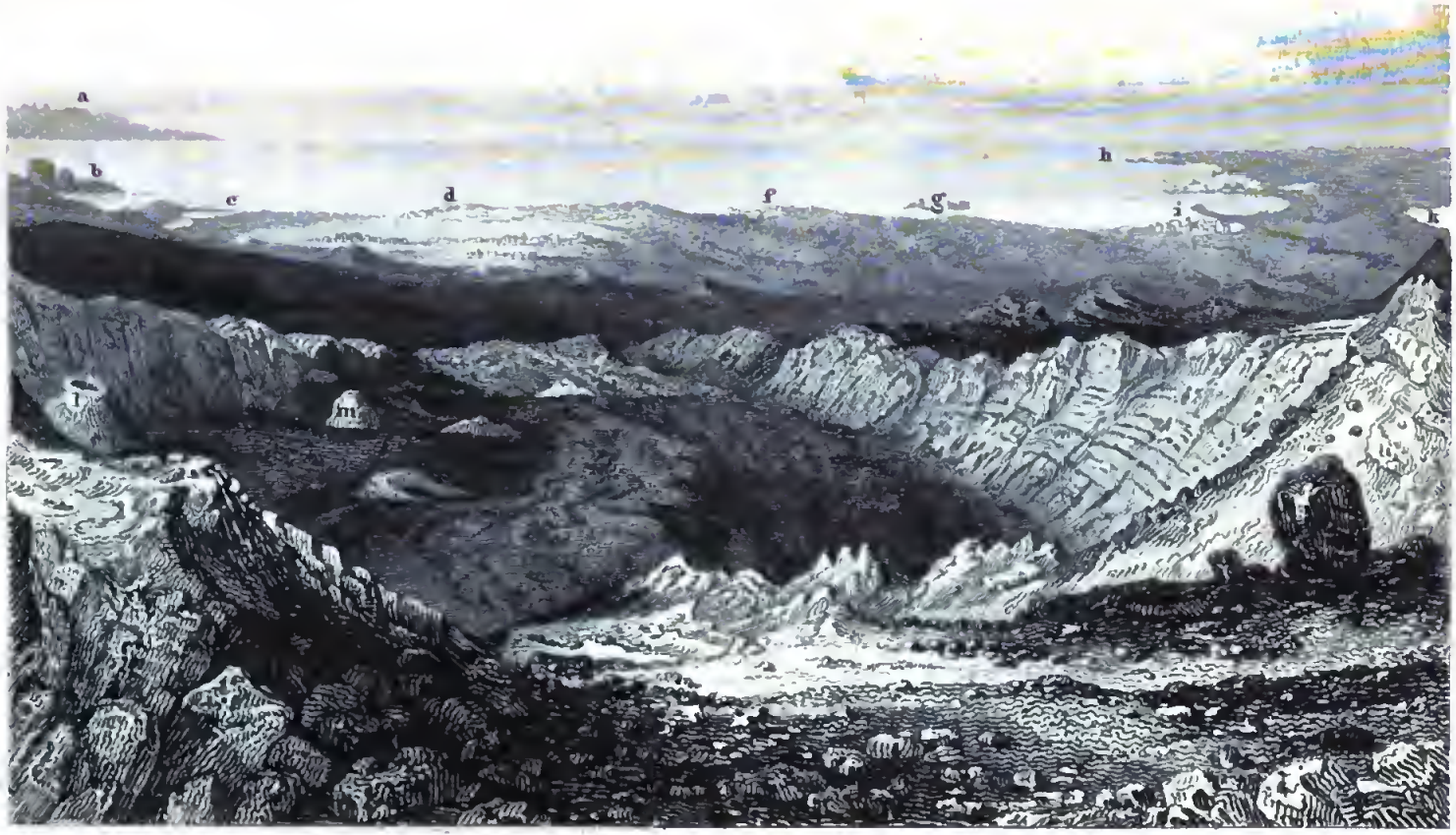
Le petit cône n° 7, formé en 1811, fumait encore quand je le vis en 1828. L'autre petit volcan à gauche, d'où sort de la vapeur, est, je crois, un de ceux qui prirent naissance en 1819.

Voici les noms de quelques uns des autres points indiqués dans l'esquisse :

1, Montagnuola.
2, Torre del Filosofo.
3, Cône le plus élevé.
4, Lepra.
5, Finocchio.
6, Capra.
7, Cône de 1811.
8, Schiena dell' Asino.
9, Musara.
10, Zocolaro.
11, Rocca di Calanna.

Description de la planche IX. — Le second dessin représente la même vallée vue d'en haut, ou le Val del Bove considéré du sommet du cratère principal formé en 1819 (*). Je ne puis indiquer le point que ce cratère occuperait dans la planche VIII, mais je suppose qu'il ferait face au grand précipice près duquel se perd la fumée sortant du cône n° 7. On observe plusieurs lambeaux de roche sur la face de ce précipice où ont eu lieu des éruptions.

(*) Cette vue est prise d'une esquisse de M. James Bridges, et corrigée d'après la comparaison qui en a été faite avec plusieurs des miennes.



LE VAL DEL BOVE (Etna)

Vu den haut ou du Cratère de 1819.

Digitized by Google

La forme circulaire du Val del Bove se distingue très bien dans cette vue (Pl. IX). A droite et à gauche sont les énormes précipices qui forment les côtés sud et nord de la grande vallée ; ils sont coupés par des dykes qui se projettent de la manière que nous allons décrire. Au loin, on aperçoit la région fertile de l'Etna, s'étendant comme une grande plaine le long de la côte.

Les principaux points représentés sont :

a, Le cap Spartivento, en Italie, qu'on aperçoit dans l'éloignement.

b, Le promontoire de Taormina, sur la côte de Sicile.

c, La rivière Alcantara.

d, Le petit village de Riposto.

e, La vallée de Calanna.

f, La ville d'Aci-Reale.

g, Les îles Cyclopes, ou « Faraglioni, » dans la Baie de Trezza.

h, Le grand port de Syracuse.

k, Le lac de Lentini.

i, La ville de Catane, près de laquelle est indiqué le cours de la lave qui coula des Monti Rossi en 1669, et détruisit une partie de la ville.

l, Sur la gauche du dessin est le cratère de 1811, que l'on voit aussi au n° 7 de la planche VIII.

m, Le Rocher de Musara, également représenté sous le n° 9 de la même planche.

Le Val del Bove offre des dimensions vraiment gigantesques : qu'on se figure un vaste amphithéâtre de quatre ou cinq milles (1 $\frac{1}{3}$ ou 1 $\frac{2}{3}$ l.) de diamètre, entouré de précipices presque verticaux, dont la hauteur varie de mille à plus de trois mille pieds (300 à 900^{m}), les plus profonds se trouvant à l'extrémité supérieure, et la hauteur diminuant graduellement des deux côtés. Ce qui tout d'abord fixe l'attention du géologue, comme trait caractéristique des falaises qui entourent cette vallée, c'est la multitude prodigieuse de dykes verticaux que l'on voit traverser en tous sens les couches volcaniques. La forme circulaire de cette grande cavité et ces milliers de dykes me rappelèrent tellement les phénomènes de l'Atrio del Cavallo, sur le Vésuve, qu'au premier moment il me sembla entrer dans un vaste cratère dont les dimensions excédaient autant celles de la Somma que l'Etna surpasse le Vésuve en grandeur.

Mais je fus bientôt détrompé, lorsque j'eus soigneusement exploré les différents côtés du grand amphithéâtre, dans l'intention de m'assurer si le mur à demi circulaire du Val del Bove avait toujours formé la limite d'un cratère, et si, comme la Somma en offre un exemple si magnifique, les couches inclinaient vers tous les points de l'horizon. Si l'analo-

gie supposée entre la Somma et le Val del Bove existait réellement, les tufs et les laves qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la vallée auraient incliné vers l'ouest, celles du nord vers le nord, et celles du sud vers le sud. Mais telles ne sont point les circonstances que j'observai; tous les lits plongent vers la mer, ou à peu près vers l'est, comme dans les vallées de S. Giacomo et de Calanna, qui se trouvent plus bas.

Aspect du Val del Bove. — Le Val del Bove forme un vaste amphithéâtre de cinq milles ($1\frac{2}{3}$ l.) de diamètre, entouré de trois côtés par des précipices de deux à trois mille pieds (600 à 900^{m}) de hauteur. Si le lecteur a vu, dans la chaîne des Pyrénées, l'effet pittoresque que présente le fameux « cirque de Gavarnie », il pourra se former quelque idée du cercle majestueux de roches escarpées qui enceignent, sur trois côtés, la grande plaine du Val del Bove. Cette plaine a été couverte, à plusieurs reprises, par des courants de lave; et, bien que de loin elle paraisse unie, elle est, en réalité, plus inégale que la mer la plus tumultueuse. Indépendamment des petites irrégularités de la lave, la vallée se trouve, en un certain point, entrecoupée par une chaîne de rochers, parmi lesquels

Musara et Capra sont extrêmement saillants. Ce n'est pas d'eux qu'on pourrait dire :

— « like giants stand
To sentinel enchanted land ; » (*)

car, bien que, comme les Trosachs, dans les hautes terres de l'Écosse, ils soient de dimensions gigantesques, et que, vus de plusieurs points, ils paraissent presque entièrement isolés, cependant la grandeur sévère de la scène qu'ils contribuent à embellir n'offre point le caractère que l'imagination d'un poëte doit nécessairement attribuer à une vallée d'enchantement ; elle s'accorderait bien mieux avec la peinture que fait Milton du monde infernal ; et si nous nous représentons un des courants de feu qui, si souvent, ont traversé la grande vallée, se mouvant au milieu de l'obscurité de la nuit, les vers suivants reviendront naturellement à notre mémoire :

— « yon dreary plain, forlorn and wild,
The seat of desolation, void of light,
Save what the glimmering of these livid flames
Casts pale and dreadful. » (**)

La face des précipices dont nous avons déjà parlé

(*) ... « Tels que des géants ils se tiennent debout pour veiller à la garde d'une terre enchantée. »

(**) « Là-bas est une plaine abandonnée, sauvage, où rè-

est sillonnée de la manière la plus pittoresque par les murs verticaux de lave qui les traversent. Ces masses, d'ordinaire, se projettent en relief ; elles offrent des formes extrêmement diversifiées et sont d'une hauteur considérable. En automne, on voit souvent la sombre teinte de leurs contours adoucie par des nuages de vapeur blanchâtre qui se forment derrière elles et ne se dispersent qu'à midi, continuant à remplir la vallée pendant que le soleil éclaire toutes les autres partie de la Sicile et les hautes régions de l'Etna.

Aussitôt que les vapeurs commencent à s'élever, les changements de scène varient à l'infini, diverses roches se trouvant tour à tour cachées ou démasquées ; souvent aussi le sommet de l'Etna se laisse voir pendant quelques instants à travers les nuages, avec ses neiges éblouissantes, pour disparaître ensuite aussi subitement qu'il s'était montré.

Là règne un silence extraordinaire ; car il n'y a, dans cette vallée, ni torrents s'échappant des rochers, ni aucun de ces mouvements produits par l'eau courante, qu'on observe dans presque toutes les régions montagneuses. Chaque goutte d'eau qui tombe du ciel, ou qui découle de la neige et de la

gnent la désolation, la tristesse, et où nulle autre lumière ne pénètre que les pâles et effrayantes lueurs qui s'échappent de ces flammes livides.

glace fondante, se trouve à l'instant même absorbée par les pores de la lave; et, tel est le peu d'abondance des sources, que pendant les chaleurs de l'été le pâtre est obligé de donner à ses troupeaux de l'eau provenant de neiges recueillies en hiver dans les cavités de la montagne.

Les petites bandes de pâturages et de bois qui, çà et là, ont échappé à l'envahissement de la lave brûlante, ajoutent encore, par le contraste qu'elles présentent, à la désolation de la scène. Lorsque, neuf ans après l'éruption de 1819, je visitai la vallée, j'aperçus sur les lisières de la lave noirâtre des centaines d'arbres, ou plutôt les blancs squelettes d'arbres dont les troncs et les branches sans feuilles avaient aussi été privés de leur écorce par la chaleur brûlante qui se dégageait de la roche fondue. Cette vue me rappela les beaux vers suivants : —

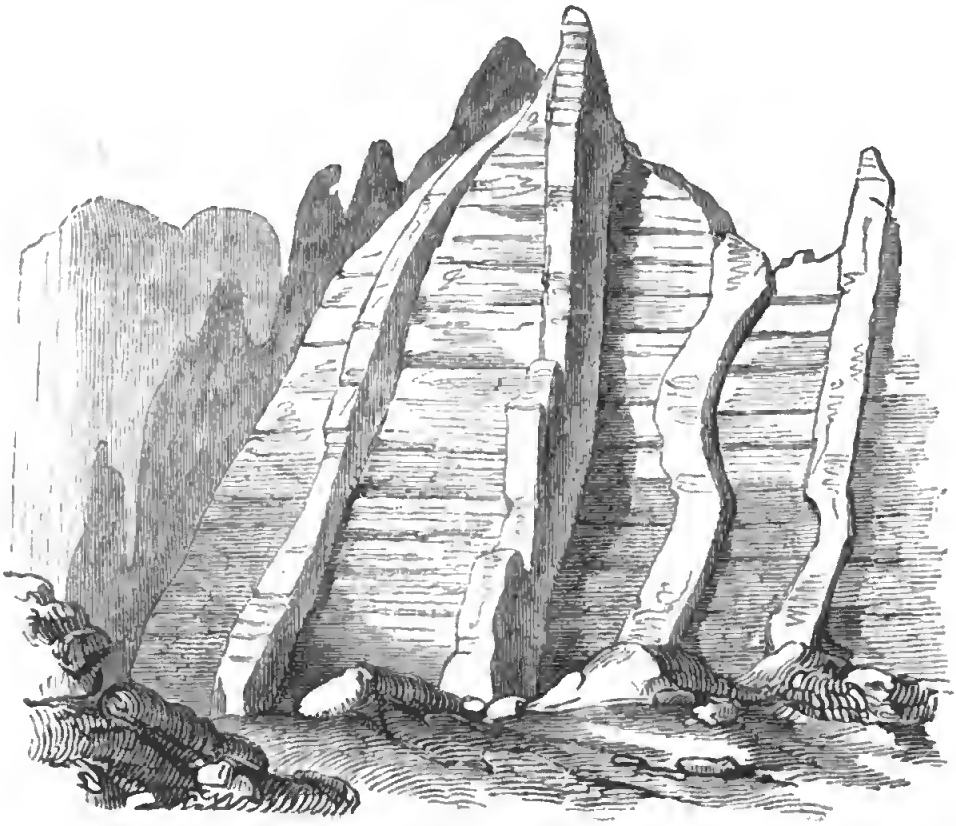
— « As when heaven's fire
Hath scath'd the forest oaks, or mountain pines,
With singed top their stately growth, though bare,
Stands on the blasted heath. » (*).

Forme, composition et origine des dykes. — Sans arrêter plus longtemps l'attention du lecteur sur

(*) ... « De même, quand le feu du ciel a frappé les chênes de la forêt, ou les pins de la montagne, leur tronc majestueux, quoique nu et surmonté d'une cime légèrement brû-

des descriptions de scènes de la Nature, je ferai remarquer que les dykes dont il a été déjà question forment incontestablement le phénomène géologique le plus intéressant de tous ceux que présente

Fig. 59.



Dykes situés à la base du Serre del Solfizio, Etna.

le Val del Bove. Quelques uns de ces dykes se composent de trachyte, d'autres de basalte bleu compacte

lée, n'en reste pas moins debout au milieu de la bruyère à demi consumée.

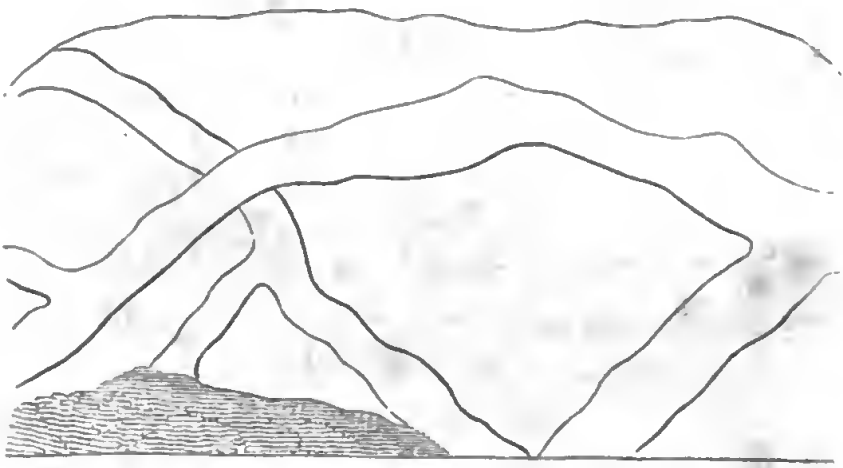
mélangé de péridot. Leur largeur varie de deux à vingt pieds ($\frac{2}{3}$ de mètre à 6^m) et même plus, et ils font ordinairement saillie sur la face des falaises, comme on le voit dans le dessin ci-joint (Fig. 59). Ils consistent en matériaux plus durs que les strates qu'ils traversent, et, par suite se décomposent moins rapidement sous l'influence des effets répétés de congélation et de dégel auxquels, dans cette zone de l'Etna, les roches se trouvent exposées. Quoique les dykes soient verticaux pour la plupart, quelques uns, cependant, suivent une direction sinueuse à travers les tufs et les brèches, ainsi que le représente la Fig. 60. Dans l'escarpement de la Somma, où des murs semblables de lave traversent des couches alternantes de sable et de scorie, on voit au contact du dyke, avec les lits intersectés, une petite couche consistant en une roche noire comme du charbon, et qui, par sa nature et son aspect, offre quelque analogie avec le pechstein. Je n'ai point aperçu de semblables couches de séparation à la jonction des dykes de l'Etna que j'ai observés, mais il se pourrait que plus tard on en découvrît.

La position géographique de ces dykes est extrêmement remarquable. Ils sont très nombreux près de l'extrémité supérieure du Val del Bove, où les cônes de 1811 et de 1819 ont été formés, ainsi que

Digitized by Google

dans la zone de la montagne où ont lieu de fréquentes éruptions latérales, tandis que l'on en voit à peine quelques uns dans la vallée de Calanna, située au-dessous de ce parallèle, et dans une région où les éruptions latérales sont fort rares ; plus bas encore, dans la vallée de S. Giacomo, on n'en rencontre plus de traces. Or, tel est précisément l'arrangement qu'on pourrait s'attendre à trouver si l'on considérait les fissures verticales, actuellement remplies d'une ma-

Fig. 60.



Veines tortueuses de lave, à Punto di Giumento, Etna.

tière solide, comme ayant servi à l'alimentation des cônes latéraux, ou, en d'autres termes, comme ayant formé les canaux qui donnaient issue aux laves et aux scories émises par les ouvertures de la zone

boisée. Dans d'autres parties de l'Etna, il peut y avoir un grand nombre de dykes à un niveau aussi peu élevé que la vallée de Calanna, parce que la ligne d'éruptions latérales n'est pas partout à la même hauteur au-dessus de la surface de la mer; mais dans la coupe que nous avons décrite tout-à-l'heure, il m'a semblé reconnaître une connexion évidente entre la fréquence des dykes et celle des éruptions latérales.

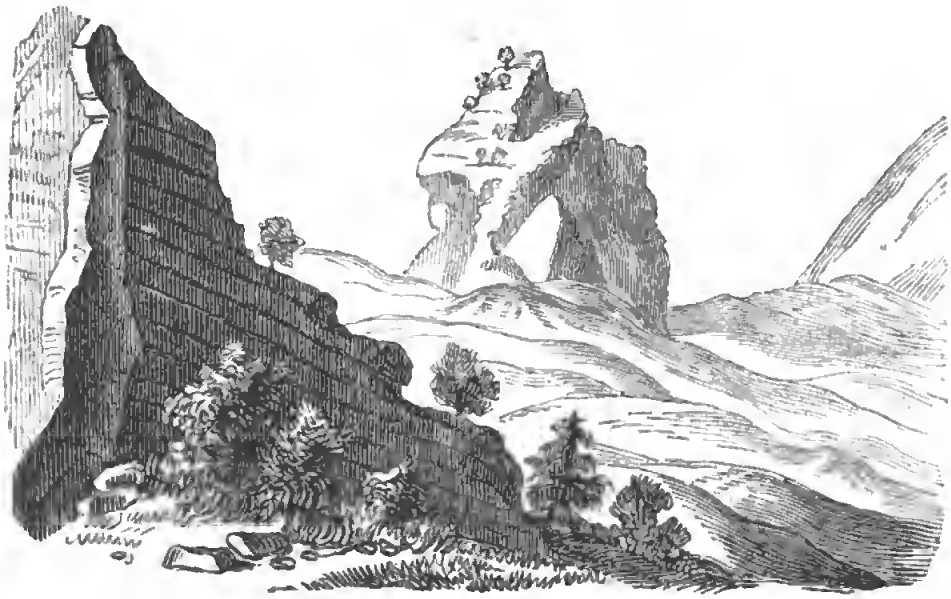
Quelques fissures peuvent avoir été remplies par le haut; mais je n'en ai point vu qui, en se terminant vers le bas, offrissent la preuve d'une semblable origine. Presque toutes les masses isolées du Val del Bove, telles que Capra, Musara et plusieurs autres, sont traversées par des dykes, et il se pourrait qu'elles dussent, en partie, leur conservation à cette circonstance, si, du moins, l'action des inondations accidentelles a été une des causes de destruction dans le Val del Bove; car rien ne garantit aussi efficacement une masse de strates contre l'action érosive de l'eau courante qu'un dyke perpendiculaire de roche dure.

Le dessin ci-joint (fig. 61) représente l'écoulement des laves de 1811 et 1819, entre les rochers de Finocchio, de Capra et de Musara. La hauteur des deux derniers a été réduite de beaucoup par l'exhaussement de leur base, dû à l'accumulation de ces laves.

Digitized by Google

Il n'y aurait rien d'impossible à ce qu'ils fussent les restes de cônes latéraux existant avant que le Val del Bove fût formé, et à ce qu'un jour à venir ils se trouvassent de nouveau engloutis par les laves qui sont actuellement en voie de s'accumuler dans la vallée.

Fig. 61.



Vue des rochers de Finocchio, de Capra et de Musara, Val del Bove.

En aucun point les dykes n'offrent un aspect plus remarquable qu'au sommet du cône le plus élevé de l'Etna. Le dessin suivant, fig. 62, en représente quelques uns.

Éruption de 1811. — Nous avons déjà parlé des

courants de lave qui furent émis en 1811 et 1819. Gemmellaro, qui fut témoin de ces éruptions, rapporte qu'en 1811 de fortes détonations, partant du

Fig. 62. *Vue du Val del Bove, prise du sommet de l'Etna* (*).

(*) Ce dessin est un fragment du panorama que j'ai esquissé sur le sommet du cône, le 1er décembre 1828, dans un moment où toutes les parties de l'Etna, à l'exception du Val del Bove, étaient sans nuages. Le petit cône et le cratère que

grand cratère, annoncèrent d'abord qu'une colonne de lave s'était élevée jusque près du sommet de la montagne. Une violente secousse se fit ensuite sentir, et un courant s'échappa d'un des flancs du cône, à peu de distance de la cime. Peu après que cette lave eut cessé de couler, un second courant jaillit par une autre ouverture, mais beaucoup au-dessous du premier; puis, un troisième encore plus bas, et ainsi de suite, jusqu'à ce que sept ouvertures différentes eussent été ainsi formées successivement, sur une même ligne droite. On a supposé que cette ligne était une fente perpendiculaire dans la charpente intérieure de la montagne, et que cette fente n'avait point été le résultat d'une seule secousse, mais qu'elle s'était prolongée successivement de haut en bas, par suite de la pression latérale et de la chaleur intense de la colonne de lave intérieure, à mesure qu'elle s'abaissait par l'effet de l'écoulement graduel qui s'opérait par chaque ouverture (*).

Eruption de 1819. — En 1819, trois grandes ouvertures ou cavernes s'ouvrirent près de celles qui avaient été formées pendant les éruptions de 1811, et des flammes, des scories rouges et du sable s'en

l'on voit près du premier plan ont été formés pendant les éruptions de 1819 et de 1811.

(*) Scrope, on Volcanos, p. 153.

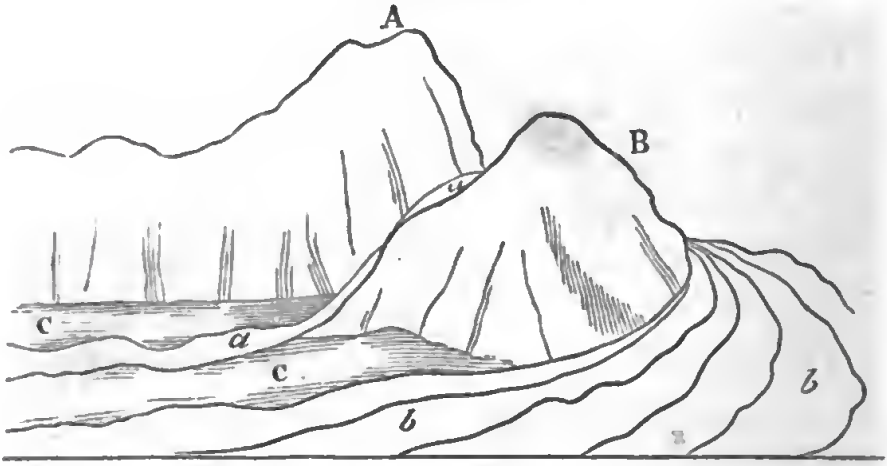
échappèrent avec un très grand bruit. Quelques minutes après, une autre ouverture se produisit plus bas, en vomissant du feu et de la fumée; enfin, plus bas encore, un cinquième orifice se forma, et il en sortit un torrent de lave qui se répandit avec une grande vitesse sur la profonde et large vallée appelée « le Val del Bove. » Ce courant parcourut un espace de deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) dans les premières vingt-quatre heures, et franchit à peu près le même espace pendant le jour et la nuit qui suivirent. Les trois premières ouvertures finirent par se réunir en un seul grand cratère qui émit de la lave, comme les trois bouches inférieures, de sorte qu'un immense torrent tomba dans le Val del Bove. Arrivé à un grand précipice, presque perpendiculaire, et situé à l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna, ce torrent s'y déversait en cascade, et la lave, acquérant pendant sa chute une certaine dureté, faisait entendre un bruit extraordinaire à mesure qu'elle atteignait le fond. La colonne de poussière produite par la destruction de la colline tufacée sur laquelle tombait la masse durcie était si considérable, que les habitants de Catane en conçurent une très vive alarme, croyant qu'une nouvelle éruption, plus violente encore que celle qui avait eu lieu près du sommet de l'Etna, s'était produite dans la région boisée.

Mode de progression de la lave. — Parmi les divers cônes produits pendant cette éruption, deux seulement sont assez importants pour être compris dans les quatre-vingts dont nous avons déjà parlé comme ayant été formés sur les flancs de l'Etna. La surface de la lave qui inonda le « Val del Bove » consiste en blocs rocailleux et *anguleux*, entremêlés dans le plus grand désordre. On ne peut rien se figurer de plus rugueux ou de plus différent des surfaces douces et unies que, lorsqu'on ne connaît pas les contrées volcaniques, on attribue naturellement à une masse de matière qui, de l'état liquide, a passé à l'état solide. En 1819, M. Scrope observa ce courant, qui neuf mois après sa sortie du cratère, s'avançait lentement sur une pente considérable, ne parcourant qu'un mètre environ par heure. La couche inférieure se trouvant arrêtée par la résistance qu'offrait le sol, la partie supérieure ou centrale faisait graduellement saillie, et, manquant de point d'appui, elle tombait ; puis elle était atteinte à son tour par une masse de lave plus liquide qui la recouvrait. Le courant offrait l'aspect d'un amas considérable de rudes et volumineuses scories roulant sur lui-même par l'effet d'un mouvement de propulsion extrêmement lent. La contraction de la croûte à mesure qu'elle se solidifiait, et le frottement des masses scoriformes les unes contre les autres,

produisaient un violent craquement. La nuit, l'intérieur des crevasses paraissait d'un rouge sombre, et la vapeur qui s'en dégageait en très grande abondance était visible de jour (*).

On a vu que lorsque la lave de 1819 arrivait à l'extrémité supérieure de la vallée de Calanna, après

Fig. 63.



A, Zocolaro.
B, Monte di Calanna.
C, Plaine située à l'extrémité supérieure de la Vallée de Calanna.
a, Lave de 1819 tombant dans le précipice et coulant dans la vallée.
b, Lave de 1811 et de 1819 coulant autour de la colline de Calanna.

avoir coulé dans le Val del Bove, elle se précipitait sous forme de cascade. Ce courant, il est vrai, ainsi

(*) Scrope, on Volcanos, p. 102.

que plusieurs autres courants antérieurs qui avaient coulé successivement des plus hautes régions de l'Etna, se trouvait détourné par un grand promontoire s'élançant du côté méridional du Val del Bove. Ce promontoire consiste en deux collines, appelées Zocolaro et Calanna, et en une crête de moindre hauteur qui les unit. (Voyez Fig. 63.)

En 1811 et 1819, les courants de lave, ayant atteint une hauteur supérieure à celle de la crête intermédiaire entre les collines de Zocolaro et de Calanna, se déversèrent en cascade dans un précipice extrêmement élevé, et commencèrent à combler la vallée de Calanna (*a*, Fig. 63). D'autres portions de la même coulée (*b*) se sont répandues autour du promontoire, et offrent un des traits les plus caractéristiques de ces sortes de courants, qui se sont solidifiés à l'extérieur, pendant qu'ils étaient encore en mouvement. Au lieu de s'amincir graduellement vers les bords, leurs côtés peuvent souvent se comparer à deux murs rocheux, inclinés quelquefois de trente à quarante degrés. Quand ces courants sont détournés de leur marche par une roche saillante, ils s'avancent dans une nouvelle direction. C'est à une cause de ce genre qu'est dû l'espace considérable qu'on observe dans la Vallée de Calanna, entre les bords abruptes des laves *b b*,

ainsi déviées, et l'escarpement abrupte de Zocolaro, A, qui borne la plaine C.

Laves et brèches. — Quant aux masses volcaniques qui sont coupées par des dykes, dans le Val del Bove, elles consistent en laves dioritiques d'un caractère intermédiaire entre le basalte et le trachyte, et en lave porphyrique, ressemblant au trachyte, mais à laquelle, suivant MM. de Buch et G. Rose, ce nom ne peut strictement être appliqué, parce que le feldspath qu'elle renferme appartient à la variété appelée Labradorite. Sous le rapport de la composition, les laves anciennes et les laves modernes de l'Etna offrent la plus grande similitude, les unes et les autres consistant en feldspath, en pyroxène, en péridot et en fer titané. Les brèches alternantes sont composées de scories, de sable et de blocs anguleux de lave. Une grande partie de ces fragments peuvent avoir été rejetés par des éruptions volcaniques, et il se peut aussi qu'en tombant sur la surface déjà solidifiée de courants de lave mouvants, ils aient été transportés à une distance considérable. Il est possible encore que, lorsque la lave s'avance très lentement, à la manière du courant de 1819, les fragments anguleux résultant des ruptures fréquentes qui s'opèrent dans la masse, à mesure qu'elle roule sur elle-même, donnent naissance à ces

brèches. Il est certain, du moins, que la partie supérieure des courants de lave de 1811 et de 1819 consiste actuellement en masses anguleuses, jusqu'à la profondeur de plusieurs mètres. La comparaison qu'a faite d'Aubuisson de la surface d'une des laves anciennes de l'Auvergne avec celle d'une rivière prise subitement, par suite de l'accumulation d'énormes fragments de glaçons flottants, peut s'appliquer parfaitement à ces courants modernes de l'Etna. L'épaisseur des lits de conglomérat ou de brèche qui se trouvent dans la même coupe verticale diffère souvent d'une manière très notable : j'ai reconnu moi-même, dans la colline de Calanna, qu'elle varie de trois pieds (1^{m},05) à cinquante pieds (15^{m}) environ.

Inondation résultant de la fonte des neiges par la chaleur de la lave. — Il se pourrait que quelques unes des brèches ou quelques uns des conglomérats dont nous venons de parler dussent leur origine à des causes aqueuses, de grandes inondations ayant lieu quelquefois sur les flancs de l'Etna, lorsque des éruptions se manifestent en hiver, et quand la lave occasionne la fonte des neiges. Il est vrai que l'eau courante n'exerce, en général, aucune action sur l'Etna, la pluie qui y tombe se trouvant aussitôt absorbée par suite de la porosité des laves,

de sorte que, malgré l'étendue considérable de cette montagne, elle n'alimente que quelques petits ruisseaux, qui, même, sont à sec pendant la plus grande partie de l'année. Or, ne conçoit-on pas, d'après cela, que les énormes blocs arrondis de porphyre feldspathique et de basalte qui forment une ligne que l'on peut suivre à partir de la mer, près de Giardini, et en passant par Maseali et Zafarana, jusqu'au Val del Bove, offriraient au géologue un problème des plus difficiles à résoudre, si l'histoire n'avait conservé le souvenir d'une effroyable inondation qui, en 1755, eut lieu dans cette contrée? Il paraît que, le 2 mars de cette année, deux courants de lave jaillirent du cratère le plus élevé; ils se précipitèrent aussitôt sur une énorme masse de neige qui, alors, recouvrait toute la montagne, et dont l'épaisseur était considérable près du sommet. La fonte subite de cette masse gelée, qu'occasionnait un torrent de feu de trois milles (1 l.) de longueur, donna lieu à une effroyable inondation, qui ravagea les flancs de la montagne sur une longueur de huit milles (2 $\frac{2}{3}$ l.), et couvrit les parties les moins inclinées des pentes inférieures de l'Etna, ainsi que les plaines voisines de la mer, de grands dépôts de sable, de scories et de blocs de lave.

Plusieurs contes absurdes circulèrent en Sicile au sujet de cet événement : on prétendit que l'eau était

bouillante et sortait du cratère le plus élevé ; qu'elle était aussi salée que l'eau de la mer, et renfermait une grande quantité de coquilles marines. Mais ce n'étaient que de pures inventions, auxquelles Recupero, quoiqu'il ne les rapporte que comme des fables imaginées par les montagnards, semble avoir attaché trop d'importance.

Des inondations d'une violence extrême ont eu lieu aussi sur l'Etna, à la suite de pluies considérables, accompagnées, sans doute, de la fonte des neiges. En 1761, cette seule cause occasionna la mort d'une soixantaine d'habitants d'Acicatena, et la destruction d'un grand nombre de maisons (*).

Glacier couvert par un courant de lave. — En 1828, une découverte remarquable a été faite sur l'Etna : on y a trouvé une masse de glace considérable qui avait été garantie de la fusion pendant plusieurs années, et même pendant plusieurs siècles, peut-être, par cette circonstance singulière qu'un courant de lave brûlante l'avait recouverte. Les faits suivants viennent à l'appui d'un phénomène qui, au premier aspect, doit paraître paradoxal. La chaleur extraordinaire que, pendant l'été et l'automne de 1828, on éprouva dans le midi de l'Europe, fut cause que les approvisionnements de neige et de

(*) Ferrara, Descriz. dell' Etna, p. 116

glace qui avaient été faits au printemps de cette même année, pour Catane ainsi que pour les parties voisines de la Sicile et pour l'île de Malte, se trouvèrent entièrement perdus. On eut donc beaucoup à souffrir de la privation d'une chose considérée dans ces pays plutôt comme une des nécessités de la vie que comme un objet de luxe, et dont l'abondance contribue, dans quelques unes des grandes villes, à la salubrité de l'eau et à la santé des habitants. Les magistrats de Catane en appelèrent à M. Gemmellaro, dans l'espoir que la connaissance locale qu'il avait de l'Etna le mettrait à portée de découvrir sur cette montagne quelque crevasse ou quelque grotte naturelle renfermant encore de la neige. En effet, ils ne se trompaient point; depuis longtemps, M. Gemmellaro avait soupçonné qu'une petite masse de glace permanente, qui se trouvait au pied du cône le plus élevé, faisait partie d'un grand glacier continu, recouvert par un courant de lave. S'étant procuré un nombre suffisant d'ouvriers, il fit creuser dans la glace, et reconnut qu'elle était couverte de lave sur une étendue de plusieurs centaines de mètres, ce qui acheva de le convaincre que la position du glacier ne pouvait être attribuée qu'à l'écoulement de la lave sur la glace. Malheureusement pour le géologue, la dureté de la glace se trouva telle, et les frais d'excavation furent si considérables qu'il n'est guère

probable que ces travaux soient jamais repris.

Le 1er décembre 1828, je visitai ce point, qui se trouve sur le côté S.-E. du cône, et un peu au-dessus de la *Casa Inglese;* mais la neige qui était tombée récemment avait déjà comblé presque entièrement la nouvelle ouverture, de sorte qu'elle n'offrait d'autre apparence que celle de l'entrée d'une grotte. Toutefois je ne mets point en doute l'exactitude des conséquences déduites par M. Gemmellaro de ses premières conjectures : connaissant parfaitement les indices des moindres accumulations de neige dans les fissures et dans les cavités de l'Etna, il avait constaté, même avant l'exécution des travaux dont nous venons de parler, la particularité qu'offrait la position de la glace dans cette localité. On peut supposer qu'au commencement de l'éruption, une masse considérable de neige avait été couverte par des sables volcaniques avant que la lave s'y répandît. Une couche épaisse de cette poussière fine mêlée de scories est, comme l'on sait, un très mauvais conducteur de la chaleur : aussi les pâtres ont-ils coutume, dans les hautes régions de l'Etna, de faire des approvisionnements d'eau pour abreuver leurs troupeaux pendant l'été, en étendant une couche de sable volcanique de quelques pouces d'épaisseur sur la neige, ce qui suffit pour empêcher la chaleur du soleil d'y pénétrer.

Si l'on admet que la masse de neige ait été garantie de la fusion jusqu'au moment où la partie inférieure de la lave fut solidifiée, on comprendra dès lors qu'un glacier ainsi protégé, à la hauteur de dix mille pieds (plus de 3000 mètres) au-dessus du niveau de la mer, puisse subsister aussi longtemps que les neiges du Mont-Blanc, à moins qu'il ne soit fondu par la chaleur volcanique provenant directement des régions souterraines. Lorsqu'au commencement de l'hiver (le 1er décembre 1828), je visitai le grand cratère, je trouvai les crevasses, à l'intérieur, incrustées d'une couche épaisse de glace; et, en quelques points, j'observai des vapeurs brûlantes qui se dégageaient entre des masses de glace et les parois rugueuses et escarpées du cratère.

Après la découverte de M. Gemmellaro, il ne serait point étonnant de trouver dans les cônes des volcans de l'Islande, qui, pour la plupart, sont couverts de neiges perpétuelles, des alternances répétées de courants de lave et de glaciers. Le Lieutenant Kendall nous apprend que l'Ile de la Déception, dans le Nouveau Shetland Austral (lat. 62° 55′ S.), est principalement composée de couches alternantes de cendres et de glace (*).

Origine du Val del Bove. — On ne peut attri-

(*) Journ. of Roy. Geograph. Soc. vol. I, p. 64.

buer la formation de cette vallée à l'action de l'eau courante; car, si son creusement était dû exclusivement à cette cause, sa profondeur aurait augmenté vers les parties inférieures, tandis qu'au contraire c'est à l'extrémité supérieure que les précipices ont le plus de profondeur; ils diminuent graduellement à mesure qu'on approche de la région inférieure du volcan.

Le Dr Daubeny a constaté que, pendant l'éruption du Vésuve de 1834, la montagne et tout le pays circonvoisin éprouvèrent une violente secousse dans la nuit du 24 août. Deux petites éminences coniques qui existaient dans le grand cratère disparurent alors. Il est à croire qu'elles furent, non pas lancées ou projetées dans l'atmosphère, mais plutôt englouties dans quelque cavité intérieure.

On rapporte, ainsi que cela sera établi dans l'histoire des tremblements de terre, qu'en 1772 un affaissement considérable eut lieu sur le Papandayang, le plus grand des volcans de Java. Une étendue de terrain de *quinze milles* (5 ½ l.) *de longueur sur six* (2 l.) *de largeur*, où il ne se trouvait pas moins de quarante villages, fut engloutie, et le cône perdit quatre mille pieds (plus de 1200 m) de sa hauteur. Le 19 juillet 1698, le sommet du Carguairazo, une des cimes les plus élevées des Andes de Quito, s'éboula; et, peu de temps avant la conquête

de l'Amérique par les Espagnols, une autre montagne (le Capac Urcu), appartenant à la même chaîne, et plus haute encore que le Carguairazo, s'écroula également.

Or, ne peut-on pas admettre qu'un événement semblable, ou une série d'affaissements se manifesta jadis sur la pente orientale de l'Etna, bien que de telles catastrophes n'aient point été observées dans les temps modernes, ou que du moins elles n'aient eu lieu que sur une très petite échelle? Un ravin étroit d'un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) de long à peu près, sur vingt pieds (6^m) de large, et de vingt à trente-six pieds (6 à 11^m) de profondeur, a été formé, depuis les temps historiques, sur les flancs du volcan, près de la ville de Mascalucia; et, dans le voisinage du sommet, une petite étendue circulaire, que l'on nomme la Cisterna, s'affaissa en 1792, de quarante pieds environ (12^m), ce qui mit à découvert une section verticale de couches exactement semblables à celles que nous montrent les précipices du Val del Bove. Il se pourrait donc qu'à quelque époque reculée, de plus grandes portions de la montagne eussent été renversées pendant de violents tremblements de terre.

Structure et origine du cône de l'Etna. — Les données qu'on possède sur la manière dont le cône de l'Etna a acquis ses dimensions actuelles et sa

structure interne sont très incomplètes, parce que ce n'est que sur son flanc oriental, dans le Val del Bove, qu'une coupe d'une certaine hauteur se montre à découvert. Là même, on n'obtient aucune indication sur la composition intérieure de la montagne au-delà d'une profondeur de trois à quatre mille pieds (900 à 1200^{m}) au-dessous de la base du cône le plus élevé, qui, plusieurs fois, a été détruit et reformé. Les précipices que l'on voit à l'extrémité supérieure du Val del Bove, dans l'escarpement désigné sous le nom de Serre del Solfizio, représentent la même série de laves et de brèches alternantes qui, descendant avec une inclinaison générale vers la mer, forment la ceinture de falaises qui limite toutes les autres parties du Val del Bove. Si donc nous évaluons la hauteur de l'Etna à onze mille pieds (3352^{m}) environ, nous pouvons dire que nous ne connaissons, d'après des observations positives, qu'un peu moins de la moitié des matériaux dont il est formé, en supposant qu'il descende jusqu'au niveau de la mer; savoir : 1° le cône le plus haut, qui est à mille pieds (305^{m}) à peu près au-dessus de sa base; et 2° les alternances de lave, de tuf et de brèche volcanique qui constituent les roches situées entre la Cisterna, près de la base du cône le plus élevé, et le fond des précipices qu'on observe à la partie supérieure du Val del Bove. Le

point le plus bas de la section verticale ne présente aucun indice de la terminaison de la masse volcanique, qui peut se prolonger de plusieurs milliers de pieds plus bas encore. On observe, il est vrai, près de la base du grand escarpement, une roche appelée Rocca Giannicola, qui consiste en une masse non stratifiée, de cent cinquante à deux cents pieds (46 et 61^{m}) de large, et dont la structure ressemble, en quelque sorte, à celle du granit, quoique sa composition minérale se rapproche beaucoup de celle qui, en général, caractérise les laves de l'Etna (*). Cette masse peut, sans aucun doute, être considérée comme représentant les formations cristallines ou plutoniques que l'on rencontrerait en abondance si l'on pénétrait à de plus grandes profondeurs dans la direction de l'axe central de la montagne; car une multitude de phénomènes géologiques nous portent à conclure que ces sortes de roches résultent de la solidification, sous une forte pression, de matière fondue, qui, en s'élevant, a rempli des fissures et des cavités analogues à celles qui peuvent se trouver en communication avec le cratère principal et les autres points éruptifs d'un volcan tel que l'Etna.

Mais, si l'on considère la nature des formations

(*) Hoffmann, Geognost. Beobachtungen, p. 701. Berlin 1389.

que la lave peut avoir traversées dans sa marche ascensionnelle, on sera fondé à supposer qu'une partie d'entre elles consiste en roches marines tertiaires, comme celles du Val di Noto, qui se trouve dans le voisinage, ou comme celles qui limitent le cône de l'Etna, sur ses flancs S. et E. Bien qu'il soit fort possible que l'Etna, à l'origine, ait été un volcan insulaire, ne s'élevant que très peu au-dessus du niveau de la mer, rien, cependant, n'autorise à supposer qu'aucun des lits qui sont à découvert dans la coupe du Val del Bove ait fait partie d'une telle accumulation marine. Au contraire, tous les indices ordinaires d'une origine sous-aqueuse manquent dans ces strates ; et quand même on admettrait que les fondations de la montagne ont séjourné dans la mer, on ne pourrait encore espérer que cette portion fût visible dans des coupes qui ne comprennent guère, à partir du sommet, que la moitié de l'épaisseur de la montagne, les points les plus élévés qu'atteignent les strates tertiaires dans d'autres parties de la Sicile, excédant très rarement trois mille pieds (plus de 900^{m}) au-dessus de la mer.

Un dépôt marin dont nous avons déjà parlé peut être suivi, sur les parties orientale et méridionale de la base de l'Etna, jusqu'à la hauteur de huit cents ou mille pieds (240 et 300^{m} environ), avant de

disparaître sous le recouvrement de laves modernes qui se trouve agrandi par chaque éruption nouvelle, et nous empêche d'apprécier la hauteur totale à laquelle peuvent s'élever les strates marines. Comme les coquilles que renferme ce dépôt appartiennent presque exclusivement à des espèces vivant aujourd'hui dans la Méditerranée, on ne peut douter qu'en ce point, et à une époque très moderne, la région formant la base de l'Etna n'ait été soulevée. Il est donc naturel de supposer que le noyau volcanique de la montagne, dont l'origine peut être en partie sous-marine et en partie sous-atmosphérique, a participé, en masse, à ce mouvement ascensionnel. Or, à mesure qu'un cône augmente de hauteur par suite d'un tel mouvement, joint aux effets combinés de plusieurs éruptions pendant lesquelles la matière volcanique s'échappe, tantôt par une seule, et tantôt par plusieurs ouvertures centrales, la pression hydrostatique des colonnes de lave augmente avec leur hauteur, jusqu'au moment où les flancs du cône ne peuvent plus résister à l'excès de pression : alors ils cèdent plus aisément, les ouvertures latérales devenant plus nombreuses. Il suit de là qu'indépendamment de l'expansion locale de la masse volcanique fracturée, les causes générales qui ont donné lieu au soulèvement des strates tertiaires modernes d'une grande partie de la Sicile, jusqu'à la

hauteur de plusieurs milliers de pieds au-dessus de leur niveau primitif, tendraient naturellement à rendre les émissions de lave et de scories du sommet de l'Etna moins considérables, et celles de ses parties latérales plus abondantes.

Si donc une masse de matériaux volcaniques, de forme conique ou en dôme, se trouvait accumulée jusqu'à la hauteur de quatre mille pieds, ou peut-être de sept mille (1200 et 2100^{m} env.), avant que le mouvement ascendant commençât à se manifester, ou, suivant plus de probabilité, pendant la durée de ce mouvement, cette masse ancienne ne serait point enfouie sous les matériaux provenant d'éruptions plus récentes, parce que ceux-ci seraient, pour la plupart, émis à un niveau plus bas.

Depuis 1828, époque à laquelle j'ai visité l'Etna, M. de Beaumont a publié un excellent mémoire sur la structure et l'origine de cette montagne, qu'il a observée en 1834 (*). L'ouvrage posthume d'Hoffmann en donne aussi une très bonne description (**).

M. de Beaumont, dans l'essai où il a exposé ses idées avec un talent et une lucidité remarquables, soutient que tous les lits alternants, solides et frag-

(*) Mém. pour servir à une Desc. Géol. de la France, tome IV. Paris, 1838.

(**) Geognost. Beobachtungen, etc., Berlin, 1839.

mentaires, de plus de trois mille pieds (900^{m} environ) d'épaisseur, qui sont à découvert dans le Val del Bove, ont été produits à leur origine sur une surface presque horizontale dont, en aucun point, la pente n'excédait trois degrés. Mais ces assises s'étant ensuite relevées tout d'un coup, formèrent une grande montagne, à laquelle aucune addition importante n'a été faite depuis. Le même auteur admet aussi qu'avant ce soulèvement il y avait au-dessus du niveau de la mer un plateau dans lequel il se produisit plusieurs fentes, d'où sortirent, à diverses reprises, des matières en fusion qui se répandirent alentour, en formant des nappes minces et uniformes. Ces fentes donnèrent issue à de grandes quantités de scories et de matières fragmentaires qui s'étendirent en lits également uniformes et horizontaux entre les coulées de lave. Mais, bien que la répétition continue de ces phénomenes ait donné lieu à une accumulation de matière volcanique de quatre mille pieds (1200^{m} env.) ou plus d'épaisseur, précisément dans la région où l'Etna s'élève aujourd'hui, et quoique rien de semblable n'ait été produit en aucune autre partie de la Sicile, on prétend, cependant, qu'à cette époque l'Etna n'était point encore une montagne. Il n'existe aucun dessin hypothétique qui puisse nous aider à concevoir comment cette grande masse de

matière, d'origine *supramarine*, pourrait avoir été disposée en lits horizontaux, sans former une éminence beaucoup plus élevée que tout le reste de la Sicile; mais M. de Beaumont suppose qu'une force souterraine puissante finit par manifester subitement son action à travers la formation horizontale, qu'elle souleva considérablement, en donnant aux strates, sur plusieurs points, une très grande inclinaison. Cette force de soulèvement ne se produisit pas en un point unique et central, c'est-à-dire, de la manière dont M. de Buch suppose que les choses se sont passées à l'égard de Palma, de Ténériffe ou de la Somma, mais elle paraît plutôt avoir agi suivant une ligne droite (*).

Parmi les autres objections que l'on peut alléguer contre la théorie ci-dessus exposée, je ferai remarquer : 1° que l'accroissement du nombre des dykes, à mesure qu'on se rapproche du sommet du Val del Bove ou de la partie moyenne de l'Etna, et l'épaisseur considérable de la lave, des scories et des conglomérats qu'on observe dans cette région, semblent prouver que le grand centre d'éruption fut toujours où il est à présent, ou à peu près au même point, de sorte que dès l'origine les matériaux rejetés durent avoir une tendance à s'arranger

(*) M. de Beaumont, Mém. pour servir, etc., tome IV, p. 187-188.

suivant une disposition conique ou en forme de dôme ; 2° que si l'on admet un grand nombre de points distincts d'éruption, disséminés sur une plaine ou sur un plateau, il faut admettre aussi un grand nombre de cônes élevés sur ces diverses ouvertures, et alors ces collines, dont quelques unes seraient probablement aussi hautes que celles que l'on observe aujourd'hui sur les flancs de l'Etna, c'est-à-dire, de trois cents à sept cent cinquante pieds (91 et 229^{m}) d'élévation, interrompraient la continuité des coulées de lave, jusqu'à ce que, peu à peu, elles se trouvent recouvertes par elles. De plus, les matériaux émis prendraient sur les flancs de ces cônes une inclinaison considérable, et formeraient sur la plaine voisine, où ils tomberaient, des strates plus épaisses près de la base de chaque cône qu'à une certaine distance.

Mais quels sont, demandera-t-on, les faits qui viennent à l'appui de cette hypothèse d'une horizontalité primitive, suivie d'un mouvement de soulèvement unique et soudain ? M. Elie de Beaumont fait remarquer « qu'en plusieurs parties des précipices servent de limite au Val del Bove, les coulées de lave sont inclinées tantôt de 25 à 30°, et tantôt de moins de moitié de cette quantité ; tandis qu'en d'autres points, comme près de l'extrémité supérieure de la vallée, elles sont presque horizontales. Quoi qu'il en

soit, les couches solides et les lits composés de matériaux fragmentaires dans lesquels on a pu observer ces diverses pentes ont une épaisseur uniforme. Les coulées de lave et les lits de scories alternants s'étendent non seulement sur une longueur considérable, mais ils embrassent aussi une grande largeur, tandis que les courants modernes de lave, dont la pente est de 30, 20 ou même 10°, forment des bandes étroites qui n'acquièrent jamais une grande puissance ni une texture compacte, et leur épaisseur varie avec l'inclinaison de la pente sur laquelle ils coulent. »

Je ne conteste pas que l'uniformité attribuée aux couches alternantes du Val del Bove ne puisse se maintenir sur de très vastes étendues, quoiqu'il soit assez difficile d'admettre la continuité de couches identiques sur plusieurs centaines de mètres, et bien moins encore sur plusieurs milles, lorsque d'une part elles se trouvent en aussi grand nombre sur une même ligne verticale,— lorsque ensuite elles offrent autant d'analogie sous le rapport de leur composition minérale, — et quand surtout elles sont traversées par une multitude de dykes ayant quelquefois plusieurs mètres de large, et se ramifiant et s'entrecroisant souvent. Si la ligne de section traverse une coulée de lave obliquement, ou à peu près dans la direction de son cours initial, elle peut

rester continue sur un espace de plusieurs milles, bien qu'il soit possible que sa largeur ou sa continuité se trouve fort peu considérable, si elle est coupée transversalement.

Toutefois on peut admettre comme un fait très probable qu'originairement la plupart de ces lits, et quelques uns particulièrement, étaient moins inclinés qu'ils ne le sont maintenant. Quant au dérangement postérieur qu'ils ont éprouvé, il est tout-à-fait d'accord avec la théorie précédemment expliquée sur les fractures, la distension et les soulèvements auxquels un grand cône se trouve successivement exposé pendant une série d'éruptions.

Bien qu'on ignore quelle quantité de lave moderne peut s'être déversée dans le fond du Val del Bove, on ne laisse pas de savoir que les éruptions qui éclatent près du centre de l'Etna ont déjà contribué à remplir cette grande cavité. Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les rochers de Musara et de Capra ont, même de mémoire de personnes encore vivantes, beaucoup perdu de leur élévation et de leur grandeur pittoresque, par suite de l'accumulation considérable de laves récentes qui s'est faite autour de leur base (Voy. *fig.* 61, p. 167), et la grande cavité a interrompu la marche de plusieurs courants qui, sans cela, auraient inondé la fertile région située au-dessous, ainsi que cela a eu lieu du côté

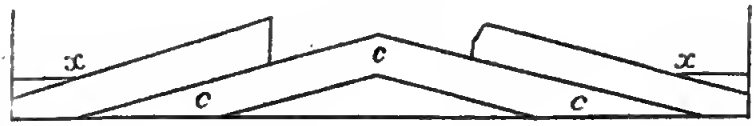
de Catane. Les forces volcaniques agissent donc maintenant de manière à réparer la brèche que l'affaissement a produite sur un des côtés du grand cône ; et, à moins qu'elles ne perdent de leur énergie, ou qu'un nouvel abaissement n'ait lieu, elles pourront, avec le temps, faire disparaître cette inégalité. Dans ce cas, la portion rétablie sera toujours discordante par rapport à la partie la plus ancienne, quoique consistant, comme elle, en couches alternantes de lave, de scories et de conglomérats, qui, avec toutes leurs irrégularités, conserveront une pente générale se dirigeant du centre et du sommet de l'Etna vers la mer. Ces couches pourront aussi, comme celles qui ont été formées en 1669 dans la plaine de S. Lio, être coupées par des dykes ou par des fissures. (Voyez p. 146.)

Je terminerai ces considérations en faisant remarquer que l'inclinaison générale des lits alternants, tant solides que fragmentaires, du Val del Bove, dans la direction de l'axe de l'Etna vers sa circonférence ou sa base, et l'augmentation d'épaisseur de la masse volcanique à mesure qu'on approche des parties centrales de la montagne, me semblent devoir être attribuées au grand nombre d'éruptions qui se sont produites par ce centre. Ces éruptions ont donné lieu, d'abord, à une masse en forme de dôme, qui, depuis, a toujours augmenté

de hauteur et d'étendue, par suite des diverses fractures successives qu'y a occasionnées la force expansive des vapeurs, les parties ainsi disjointes ayant adhéré les unes aux autres plus fortement après la solidification de la lave qui a rempli chaque fissure et chaque cavité. D'un autre côté, il se peut que le cône doive une partie de son élévation à la force qui a déterminé ces mouvements de dislocation, et que les coulées de lave aient acquis, en quelques points, une inclinaison plus considérable, et en d'autres, une pente plus faible que celle qu'elles avaient dans le principe.

Mais si la montagne devait son origine uniquement, ou même principalement au soulèvement, sa structure offrirait quelque analogie avec celle que les géologues ont si souvent reconnue dans certaines collines en forme de dômes, ou dans certaines régions élevées qu'ils s'accordent tous à considérer comme résultant d'une force souterraine. Dans ce cas, il se trouve souvent au sommet une cavité elliptique, due en partie à la fracture des roches soulevées, mais plus particulièrement encore à la dénudation produite par les eaux à mesure que ces roches s'élevaient au-dessus du niveau de la mer. Cette cavité centrale, ou vallée, met à découvert la formation sous-jacente *c*, (fig. 64) et la masse qui repose en dessus plonge de tous

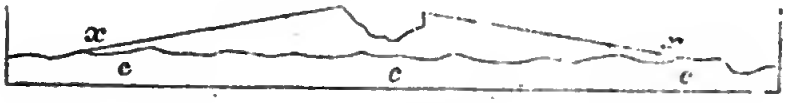
Fig. 64.



Protubérance non volcanique et vallée de soulèvement.

côtés, à partir de l'axe, mais sans avoir aucune tendance à disparaître près de la base du dôme, ou en *x*, *x* ; tandis qu'en ce même point de la figure 65, la masse volcanique se termine et laisse affleurer la

Fig. 65.



Montagne volcanique et cratère.

roche fondamentale *c*. Cette dernière figure reproduit un exemple du cas le plus ordinaire, c'est-à-dire, un grand creux ou cratère au sommet du cône volcanique ; quant à l'Etna, nous avons vu qu'au lieu de présenter cette disposition, il offre une profonde dépression latérale, que l'on nomme le Val del Bove, et dont la partie supérieure se rapproche de l'axe central : on se rappelle que nous en avons attribué l'origine à un phénomène d'affaissement.

Ancienneté du cône de l'Etna. — Nous avons eu déjà occasion de faire remarquer que le peu de notions positives qu'on possède sur la durée des temps passés a contribué, plus qu'aucun autre préjugé, à retarder les progrès des saines théories en géologie (*), — l'inexactitude de nos idées sur l'ancienneté de la terre nous ayant arrêtés dans les spéculations qui avaient cette science pour objet, comme jadis la croyance à un firmament voûté retarda les progrès de l'astronomie. Ce ne fut que lorsque Descartes eut admis l'étendue indéfinie des espaces célestes, et reculé les bornes supposées de l'univers, que des opinions rationnelles touchant les distances relatives des corps célestes commencèrent à être adoptées; de même, ce ne sera qu'après que nous serons accoutumés à regarder chacune des périodes modernes de l'histoire de la terre comme comprenant un nombre infini de siècles, que nos idées, en géologie, cesseront d'être aussi erronées qu'incomplètes.

Manière de calculer l'âge des volcans. — Si l'histoire nous avait laissé un récit fidèle des éruptions de l'Etna et de cent autres des principaux volcans brûlants du globe, produites pendant les trente

(*) Vol. I, p. 180.

siècles derniers, et si nous connaissions le volume exact de la lave et des matières émises pendant cette période, ainsi que la durée des éruptions, peut-être pourrions-nous apprécier assez exactement le taux moyen de l'accroissement d'un cône volcanique; car nous pourrions arriver à un résultat moyen d'après la comparaison des éruptions d'un aussi grand nombre d'ouvertures, quelque irrégulier que pût être le développement de l'action ignée dans quelques unes d'entre elles, si on les considère séparément pendant une courte période.

Il serait curieux de comparer de longues périodes d'inaction avec les éruptions qui se sont manifestées accidentellement par suite de violents paroxysmes. Nous trouverions parfois des exemples de dix-sept siècles de repos, comme à Ischia, entre la fin du quatrième siècle avant J.-C. et le commencement du quatorzième siècle de notre ère (*); d'autres fois, nous verrions une éruption terrible, comme celle du Xorullo, donner naissance à une montagne considérable.

Si l'on veut estimer approximativement l'âge d'un cône tel que l'Etna, il faut d'abord recueillir des données sur l'épaisseur de la matière émise pendant la période historique, puis tâcher d'évaluer le temps

(*) Voir p. 64 de ce volume.

nécessaire à l'accumulation de lits alternants de sable et de scories, comme ceux qu'on observe dans le Val del Bove ; et, enfin, essayer de déduire, d'après des observations faites sur d'autres volcans, l'accroissement plus ou moins rapide des montagnes brûlantes, dans toutes les diverses phases de leur formation.

Mode d'accroissement des volcans analogue à celui des arbres exogènes. — Le mode d'accroissement d'un cône volcanique offre une analogie remarquable avec celui des arbres dont la croissance est *exogène*. Ces derniers augmentent en hauteur et en diamètre par la superposition successive des cônes que forme la matière ligneuse qui se produit incessamment ; de sorte que si l'on fait une section près de la base du tronc, on coupe un bien plus grand nombre de couches qu'en la faisant plus près du sommet. Quand, parfois, le tronc donne naissance à quelques branches, celles-ci percent d'abord l'écorce ; puis, si, après avoir acquis un peu d'accroissement, elles viennent à être brisées, elles peuvent alors se trouver enfermées dans le corps de l'arbre qui les recouvre à mesure qu'il augmente en grandeur, et former dans le bois des nœuds qui eux-mêmes sont composés de couches de matière

ligneuse, disposées en cônes s'emboîtant les uns sur les autres.

De même, une montagne volcanique consiste ainsi que nous l'avons déjà vu, en une succession de masses coniques qui se recouvrent, tandis que les cônes latéraux, ayant une structure intérieure semblable, sont souvent projetés, comme les branches dont nous parlions tout-à-l'heure, à la surface du cône principal; puis, ils sont recouverts successivement par de nouvelles enveloppes coniques, et finissent par se trouver cachés comme les nœuds de l'arbre que nous avons pris pour exemple.

On peut déterminer l'âge d'un chêne ou d'un pin en comptant le nombre d'anneaux concentriques de croissance annuelle qui se voient dans une section tranversale faite auprès de la base, de sorte que l'on arrive ainsi à connaître l'époque à laquelle les premières pousses ont commencé à se développer. Le Baobab du Sénégal (*Adansonia digitata*) passe pour excéder en longévité presque tous les autres arbres. Adanson a calculé qu'un baobab qu'il mesura, et dont le diamètre était de trente pieds (9^{m} env.), devait avoir 5150 ans. Il y fit une incision d'une certaine profondeur, et compta d'abord trois cents anneaux de croissance annuelle; puis, il observa l'épaisseur que l'arbre avait acquise pendant le temps nécessaire à la formation de ce

nombre d'anneaux. Le taux moyen de la croissance d'autres arbres de la même espèce, mais plus jeunes, fut ainsi établi d'après une moyenne admise pour leur augmentation totale. De Candolle croit que le fameux Taxodium de Chapultepec, dans le Mexique (*Cupressus disticha*, Linn.), qui a cent dix-sept pieds (36^{m} env.) de circonférence, peut être encore plus âgé (*).

Il est néanmoins impossible, jusqu'à ce qu'on ait recueilli un plus grand nombre de données sur l'intensité moyenne de l'action volcanique, de déterminer, même approximativement, l'âge d'un cône tel que l'Etna; parce que, dans ce cas, les enveloppes successives de lave et de scories ne sont pas continues, comme les couches de bois dans un arbre, et ne fournissent aucun moyen de mesurer le temps. Chaque enveloppe conique consiste en un grand nombre de courants de lave et de pluies de sable et de scories, différant en quantité, et qui peuvent s'être accumulés dans des espaces de temps inégaux. On ne peut manquer, toutefois, de faire remonter l'origine de cette montagne à la plus haute antiquité, lorsque l'on considère que sa base a près de quatre-vingt-dix milles (33^{l}) de tour,

(*) On the Longevity of Trees, Biblioth. Univ. (Sur la Longévité des Arbres, Bibliothèque Universelle). Mai 1831.

et que par conséquent, il faudrait quatre-vingt-dix coulées de lave, ayant chacune un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) de large à leur extrémité, pour exhausser la base actuelle du volcan d'une quantité égale à la hauteur moyenne d'un courant de lave.

Les témoignages historiques ne fournissent aucune donnée qui porte à supposer que la hauteur de l'Etna ait varié notablement dans le cours des vingt siècles derniers. Parmi les quatre-vingts petits cônes les plus remarquables qui recouvrent ses flancs, les Monti Rossi seuls ont été produits dans les temps authentiques de l'histoire. Cette colline, formée en 1669, ne prend rang que parmi les cônes de deuxième grandeur, bien qu'elle ait quatre cent cinquante pieds (137^{m}) de hauteur. Le Monte Minardo, situé dans le voisinage de Bronte, s'élève, même aujourd'hui, à la hauteur de sept cent cinquante pieds (229^{m}), quoique sa base ait été exhaussée par des coulées de lave et des émissions volcaniques plus modernes. Les dimensions de ces grands cônes paraissent témoigner de divers paroxysmes d'activité volcanique, et l'on peut conclure, par analogie, que les feux de l'Etna sont restés assoupis pendant un grand nombre d'années, puisque, dans les temps historiques, une éruption violente a quelquefois été suivie de près d'un siècle de repos. On ne doit pas perdre de vue que sur

le petit nombre d'éruptions qui ont lieu dans l'espace d'un siècle, il n'y en a qu'une qui se manifeste par le sommet de l'Etna, pour deux qui se produisent par ses flancs. Toutes les éruptions latérales ne donnent pas non plus naissance à des cônes qui méritent de figurer même parmi les plus petites des quatre-vingts collines ci-dessus mentionnées ; quelques unes ne produisent que des monticules insignifiants qui, bientôt, se trouvent recouverts par des pluies de cendres.

Quel nombre d'années ne devons-nous donc pas supposer avoir été nécessaire à la formation de ces quatre-vingts cônes? On ne peut guère admettre qu'il en ait été produit plus du quart pendant les trente siècles derniers ; mais si nous supposons que le tout ait été formé dans l'espace de douze mille années, ce laps de temps constituerait une période bien peu considérable dans l'histoire du volcan! Si nous pouvions retrancher de l'Etna tous les monticules latéraux, visibles aujourd'hui, ainsi que les laves et les scories émises par eux et par le cratère le plus élevé, pendant la durée de leur croissance, la diminution du massif serait très peu sensible! L'Etna perdrait, peut-être, plusieurs milles de diamètre à sa base, et plusieurs centaines de pieds de hauteur, mais il n'en serait pas moins la plus haute montagne de la Sicile, flanquée de divers autres cônes,

auxquels la disparition des roches qui les recouvrent aujourd'hui, rendrait en quelque sorte l'existence.

Rien ne semble indiquer, dans les coupes profondes du Val del Bove, que les courants de lave des périodes anciennes étaient plus considérables que ceux des temps modernes; mais une multitude de preuves attestent que les couches innombrables de roche solide et de scories qu'on y observe, ont été accumulées successivement, comme elles le sont encore aujourd'hui. D'après les motifs qui ont été déjà exposés, il faut donc conclure qu'une masse qui compte tant de milliers de pieds d'épaisseur, a dû mettre, avant nos temps historiques, un nombre immense de siècles à se former, bien que l'ensemble doive être considéré comme le produit d'une période moderne de l'époque tertiaire. Telle est, du moins, la conséquence qui semble résulter des données géologiques à l'aide desquelles on reconnaît que si les parties les plus anciennes de la montagne ne sont pas postérieures aux strates marines qu'on observe autour de sa base, elles sont, du moins, d'origine contemporaine.

L'Etna offre-t-il des traces de courants diluviens? — Quelques géologues prétendent que le soulèvement subit de grands continents au-dessus du niveau des mers a, plusieurs fois, donné lieu à des

déluges qui, après avoir ravagé de vastes régions du globe, ont laissé d'énormes blocs roulés, épars à la surface (*). On ne peut nier qu'il n'existe en différentes parties des continents, des traces de déluges locaux d'une violence extrême, et j'ai tâché de découvrir les causes qui doivent, en tout temps, continuer à produire de tels phénomènes; mais on n'aperçoit dans ces traces aucune preuve géologique d'un cataclysme général. Il est évident qu'il n'a point passé de vague dévastatrice sur la zone boisée de l'Etna depuis que les cônes latéraux dont il a été précédemment question furent formés; car aucun de ces amas de sable incohérent et de scories n'eût résisté, un seul instant, à l'action dénudante d'un déluge violent.

Quelques géologues pensent, peut-être, que des collines formées de matériaux aussi incohérents ne sauraient être très anciennes, parce que l'action seule de l'atmosphère aurait suffi, dans l'espace de plusieurs milliers d'années, pour détruire leurs formes primitives. Mais cette objection n'est point fondée; car les collines les plus anciennes sont couvertes d'arbres et d'herbages qui les garantissent de toute dégradation. Quant à celles dont l'origine est plus

(*) Sedgwick, Anniv. Address to the Geol. Soc. (Discours prononcé à la séance d'Anniversaire de la Société Géologique, par M. Sedgwick), p. 35. Février 1831.

récente, la porosité des matériaux dont elles se composent est telle que la pluie qui y tombe se trouve absorbée à l'instant; et, par la même raison que les eaux de l'Etna ont un cours souterrain, aucune rivière n'arrose les flancs des petits cônes.

On n'a point observé d'altération sensible dans la forme de ces cônes depuis les époques les plus anciennes dont on ait souvenir; et rien ne semble autoriser à supposer que dans le cours des dix mille ou des vingt mille années qui suivront, leur aspect subira de grands changements, à moins qu'ils ne viennent à être brisés par des tremblements de terre, ou couverts par des éjections volcaniques.

Dans d'autres parties de l'Europe, comme en France, dans l'Auvergne et dans le Velay, de pareils cônes incohérents, composés de scories, et dont l'origine est probablement plus ancienne que le massif de l'Etna, n'offrent aucune trace d'altération à de moindres hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

CHAPITRE V.

Eruption volcanique en Islande (1783). — Apparition d'une île nouvelle. — Courants de lave émis par le Skaptaa-Jokul, dans la même année. — Volume immense de ces courants. — Eruption du Xorullo dans le Mexique. — Théorie de M. de Humboldt relativement à la convexité de la plaine de Malpais. — Éruption du volcan de Galong-Goung, dans l'Ile de Java. — Volcans sous-marins. — Formation de l'Ile Graham (*Ile Julia*), en 1831. — Archipels volcaniques. — Les Canaries. — Ténériffe. — Cônes d'éruption produits dans l'Ile de Lancerote, de 1730 à 1736. — Santorin et les îles voisines. — Ile de Barren, dans la Baie du Bengale. — Composition minérale des produits volcaniques.

Éruptions volcaniques en Islande. — A l'exception de l'Etna et du Vésuve, les documents chronologiques les plus complets que l'on possède relativement à une série d'éruptions, sont ceux qui se rapportent à l'Islande; car non seulement l'histoire des éruptions volcaniques de cette contrée remonte au IXe siècle de notre ère, mais on a la preuve ma-

nifeste que depuis le commencement du XIIe siècle, jamais un intervalle de plus de quarante années, et même très rarement de vingt, ne s'est passé sans qu'une éruption, ou un tremblement de terre violent n'ait eu lieu. L'énergie de l'action volcanique est si intense dans cette région, que plusieurs éruptions de l'Hécla ont duré six ans sans discontinuer. Des tremblements de terre ont souvent ébranlé l'île entière, et y ont occasionné de grands changements à l'intérieur, tels que l'abaissement de collines, le déchirement de montagnes, le déplacement du cours de certaines rivières et l'apparition de lacs nouveaux (*). Souvent aussi des îles nouvelles sont sorties de la mer, dans le voisinage de la côte : quelques unes existent encore, mais d'autres ont disparu, soit par affaissement, soit par suite de l'action des vagues.

Dans les intervalles qui séparent les éruptions, une multitude de sources chaudes donnent issue à la chaleur souterraine, et des solfatares livrent passage à d'abondants courants de matière inflammable. En différents points de cette île, les volcans, comme ceux des Champs Phlégréens, sont à tour de rôle en activité, une ouverture servant souvent, pendant un certain temps, de soupape de sûreté

(*) De Hoff, vol. II, p. 393.

pour tous les autres volcans. Il n'est pas rare qu'au moment d'une éruption, plusieurs cônes soient produits ; dans ce cas, ils prennent une direction linéaire, s'étendant généralement du N.-E. au S.-O., depuis la partie N.-E. de l'île, où se trouve le volcan Krabla, jusqu'au cap Reykianess.

Apparition d'une île nouvelle en 1783. — Les éruptions qui eurent lieu en l'année 1783 paraissent avoir été plus terribles qu'aucune de celles dont les annales modernes de l'Islande font mention. Le récit très circonstancié de cette catastrophe, écrit originairement en danois, a, depuis, été confirmé par les témoignages de plusieurs voyageurs Anglais, particulièrement à l'égard de l'étendue prodigieuse de pays dévasté par ces éruptions, et de l'immense quantité de lave qu'elles produisirent (*). Un mois environ avant que l'éruption ne se manifestât sur la terre ferme, un volcan sous-marin fit explosion, à

(*) Le premier récit de l'éruption est dû à Stephensen, alors Chef de la magistrature en Islande, qui fut chargé par le roi de Danemark d'estimer le dommage qu'elle avait occasionné dans le pays, afin de pouvoir indemniser ceux qui en avaient souffert. Un manuscrit de M. Paulson qui visita les lieux en 1794, et examina la lave avec attention, mit Henderson à portée de corriger quelques unes des mesures données par Stephensen, de la profondeur, de la largeur et de la longueur des courants de lave. (Journal of a Residence in Iceland, etc.,

trente milles (11 l.) S.-O. du cap Reykianess, par 63° 25′ de latitude N., et 23° 44′ de longitude occidentale. Il vomit une si grande quantité de ponces, que l'Océan en fut couvert jusqu'à la distance de cent cinquante milles (54 l.), et que cela occasionna un retard considérable dans la marche des vaisseaux. Une île nouvelle sortit des eaux; elle était formée de masses rocheuses, d'où s'échappaient, en deux ou trois points différents, du feu, de la fumée et des ponces. Elle fut réclamée par le Roi de Danemark, qui la nomma Nyoë, ou l'Ile Nouvelle; mais avant qu'une année entière fût écoulée, la mer reprit son ancien domaine, et il ne resta de Nyoë qu'un récif de rochers, se trouvant de cinq à trente brasses au-dessous de la surface des eaux.

Grande éruption du Skaptaa-Jokul. — Les tremblements de terre qui, depuis longtemps, se faisaient ressentir en Islande, devinrent très violents vers le 11 juin 1783, époque à laquelle le Skaptaa-Jokul, situé à près de deux cents milles (72 l.) de Nyoë, vomit un torrent de lave qui se précipita dans la rivière de Skaptaa, et la mit complétement

— (Relation d'un séjour en Islande — p. 229.) — Quelques uns des faits principaux ont été aussi confirmés par le Dr Hooker, dans son « Tour in Iceland. » (Voyage en Islande). Vol. II, p. 128.

à sec. Le lit de cette rivière était encaissé entre des roches très élevées, et avait, en plusieurs endroits, de quatre cents à six cents pieds (122 et 183^{m}) de profondeur, et près de deux cents (61^{m}) de largeur. Non seulement la lave remplit tout cet espace, mais elle recouvrit encore les champs voisins jusqu'à une distance considérable. Le flot brûlant, en sortant de cette gorge resserrée, fut arrêté pendant quelque temps par un lac profond qui se trouvait autrefois sur le cours de la rivière, entre Skaptardal et Aa, et le combla entièrement; puis, continuant sa marche, il atteignit d'anciennes laves remplies de cavernes souterraines, dans lesquelles il pénétra, et y opéra partiellement la fusion de la lave. En quelques points où la vapeur ne put se frayer d'issue, elle fit sauter le roc dont plusieurs fragments furent projetés jusqu'à une hauteur de plus de cent cinquante pieds (56^{m}). Le 18 juin, un autre jet de lave liquide s'élança du volcan, et se répandit avec une vitesse extraordinaire sur la surface du premier courant. Par suite du barrage qu'il occasionna aux embouchures de quelques uns des affluents de la Skaptaa, plusieurs villages furent complétement inondés par les eaux, ce qui donna lieu à la ruine d'un grand nombre de propriétés. La lave, après avoir coulé pendant plusieurs jours, se précipita au fond d'une effroyable cataracte désignée sous le nom de Stapa-

foss ; elle remplit un gouffre profond que cette immense chute d'eau avait mis plusieurs siècles à creuser, puis, le courant igné reprit son cours.

Le 3 août, d'autres torrents de lave s'étant encore échappés du volcan, une nouvelle branche suivit une direction différente ; car le lit de la Skaptaa se trouvait tellement engorgé, ainsi que toutes les ouvertures situées à l'ouest et au nord, que la matière en fusion fut obligée de prendre une autre route. Elle se dirigea vers le sud-est, et se précipita dans le lit de la rivière Hverfisfliot, où se produisit une scène de destruction presque aussi désolante que la première. Stephensen a constaté que, de même que les anciens courants que l'on rencontre en Auvergne et dans plusieurs autres provinces de la France Centrale, ces laves d'Islande s'accumulèrent jusqu'à une hauteur prodigieuse dans d'étroites gorges de rochers ; mais lorsqu'elles arrivaient dans de larges plaines alluviales, elles s'y étendaient en formant, pour ainsi dire, de grands lacs brûlants dont les dimensions atteignaient quelquefois jusqu'à douze ou quinze milles (4 ou 5 l.) de largeur, et cent pieds (30^{m} à peu près) de profondeur. Quand de nouvelles matières se furent ajoutées au « lac de feu » qui remplissait la partie inférieure de la vallée de la Skaptaa, la lave remonta le cours de la rivière jusqu'au pied des collines où

la Skaptaa prend sa source. Or, cet exemple est tout-à-fait analogue à ce qui eut lieu jadis, dans la région volcanique du Vivarais, où un courant de lave étant sorti du cône de Thueys, une de ses branches prit un mouvement descendant, tandis qu'une autre, plus considérable, remonta le cours de l'Ardèche.

Les flancs de la vallée de la Skaptaa présentent de superbes rangées de colonnes basaltiques de laves anciennes, ressemblant à celles que l'on voit à découvert dans les vallées qui descendent du Mont-Dore, en Auvergne, où des courants de lave plus modernes, et d'une étendue bien moins considérable que ceux d'Islande, ont aussi envahi les lits des rivières alors existantes. L'éruption du Skaptaa-Jokul ne cessa entièrement qu'au bout de deux années; et, lorsqu'en 1794, onze ans après, M. Paulson visita les lieux où elle s'était manifestée, des colonnes de fumée s'élevaient encore de quelques parties de la lave, et plusieurs fissures étaient remplies d'eau chaude (*).

Quoique la population de l'Islande fût extrêmement disséminée, et qu'elle n'excédât pas cinquante mille individus, vingt villages au moins fu-

(*) Henderson's Journal, etc. (Journal d'Henderson), p. 228.

rent détruits, sans compter ceux qui se trouvèrent inondés par les eaux. Plus de neuf mille personnes, ainsi qu'une immense quantité de bétail, périrent, tant par suite des ravages exercés par la lave, et des miasmes pernicieux dont l'air était imprégné, que par suite de la famine qu'occasionnèrent les pluies de cendres qui tombèrent sur tous les points de l'île, et la désertion du poisson qui abandonna les côtes.

Volume immense de la lave.— La quantité extraordinaire de matière fondue qui fut émise pendant cette éruption mérite une attention toute particulière de la part du géologue. Le plus grand des deux courants, qui coulèrent en direction presque opposée, avait cinquante milles (18 l.) de longueur, et le plus petit en avait quarante (14 l.). La largeur la plus considérable qu'atteignit celui de la Skaptaa, dans les basses terres, était de douze à quinze milles (de 4 à 5 l.); celle de l'autre ne dépassa guère sept milles (2 ½ l.). La hauteur ordinaire de ces deux courants était de cent pieds (30^{m} environ), mais, dans les défilés étroits, elle allait quelquefois jusqu'à six cents pieds (183^{m}). On se fera une idée plus exacte de leurs dimensions, si l'on se figure quel trait frappant ils formeraient aujourd'hui dans la géologie de l'Angleterre, s'ils avaient été ré-

pandus sur le fond de la mer, après le dépôt, mais avant l'émersion de nos roches secondaires et tertiaires. Les mêmes causes qui ont creusé des vallées à travers quelques points de nos strates marines, jadis continues, pourraient avoir agi avec une force égale sur les roches ignées, mais en laissant intacte une portion suffisante de ces roches, pour nous mettre à portée de juger de leur étendue primitive. Imaginons donc que l'extrémité du courant de lave de la Skaptaa repose sur l'escarpement de l'oolithe inférieure et moyenne, au point où cet escarpement domine la vallée de Glocester. Le grand plateau pourrait avoir cent pieds (30^{m} env.) d'épaisseur, et de dix à quinze milles (3 ½ l. à 5 ½ l.) de largeur, ce qui excéderait tous ceux que l'on peut trouver dans la France Centrale. Supposons aussi que de grandes masses tabulaires se rencontrent de distance en distance, couronnant le sommet des collines de Cotswold entre Glocester et Oxford, et passant par Northleach, Burford et diverses autres villes. La grande vallée de l'argile d'Oxford occasionnerait alors une interruption de plusieurs milles; mais les mêmes roches pourraient se retrouver sur le sommet des collines de Cumnor et de Shotover, ainsi que sur toutes les autres éminences oolithiques de cette région. De vastes plateaux, de six ou sept milles (2 l. ou 2 ½ l.) d'é-

tendue, seraient encore formés sur la craie du Berkshire; et, enfin, au-dessus des sables élevés de Highgate et de Hampstead, nous apercevrions quelques restes du courant de cinq ou six cents pieds (152 ou 183^{m}) d'épaisseur, au moyen desquels ces collines pourraient égaler, ou même surpasser en hauteur, Salisbury Craigs et Arthur's Seat.

La distance entre les points extrêmes ici indiqués n'excèderait pas quatre-vingt-dix milles (33 l.) en ligne directe; mais nous pourrions ajouter, à la distance d'environ deux cents milles (72 l.) de Londres, le long des côtes du Dorsetshire et du Devonshire, par exemple, une grande masse de roches ignées, pour représenter celles d'origine contemporaine qui furent produites au-dessous du niveau de la mer, au point où s'éleva l'île de Nyoë.

Comparaison du volume des courants de lave anciens et modernes. — Quelque gigantesques que puissent paraître ces résultats modernes de l'action volcanique, nous devons les considérer comme étant tout-à-fait insignifiants, comparativement aux courants qui se sont produits dans les premiers âges du monde, si nous adoptons les idées et les théories de quelques géologues célèbres. Le professeur Brongniart dit dans son dernier ouvrage, « qu'aux épo-

ques géognostiques anciennes, tous les phénomènes géologiques se passaient dans des dimensions *centuples* de celles qu'ils présentent aujourd'hui (*). »

Donc, si le Skaptaa-Jokul avait été un volcan datant des temps anciens, il eût émis en une seule éruption, cent fois plus de lave qu'il n'en a rejeté en 1783. Mais on ne peut admettre que M. Brongniart ait eu jamais l'intention d'exprimer une pareille proposition; car si l'on multiplie par cent la puissance des deux courants dont il vient d'être question, en supposant que leur hauteur et leur largeur restent les mêmes, leur longueur serait de moitié, à peu près, de l'espace qui sépare l'équateur du pôle. D'un autre côté, si l'on admet que leur longueur et leur largeur restent les mêmes, et que l'on multiplie leur hauteur dans une égale proportion, l'élévation moyenne de la masse volcanique sera de dix mille pieds (3048^{m}), et sa plus grande hauteur dépassera le double de celle des montagnes de l'Himalaya. On conviendra donc sans hésiter, que parmi les formations anciennes, aucune masse ignée, d'un volume aussi colossal, n'a encore été rencontrée; il serait même extrêmement difficile d'indiquer une masse d'origine ancienne, pro-

(*) Tableau des Terrains qui composent l'écorce du globe, p. 52. Paris, 1829.

duite par une seule éruption, dont le volume fût à comparer à la quantité de matière rejetée par le Skaptaa-Jokul en 1783.

Éruption du Xorullo, en 1759. — Je citerai comme un autre exemple de la puissance avec laquelle se manifestent de nos jours les éruptions volcaniques, celle du Xorullo, dans le Mexique, qui eut lieu en 1759. La grande région à laquelle cette montagne appartient a déjà été décrite. La plaine de Malpais fait partie d'un plateau élevé de deux à trois mille pieds (600 à 900^{m}) au-dessus du niveau de la mer, et est bornée par des collines de basalte, de trachyte et de tuf volcanique, qui indiquent clairememt que cette région a été, quoique probablement à une époque très ancienne, le théâtre de phénomènes ignés. Depuis la découverte du Nouveau-Monde jusqu'au milieu du siècle dernier, le pays n'avait éprouvé aucun bouleversement, et l'emplacement actuel du volcan, qui se trouve à trente-six lieues de la mer la plus voisine, était occupé par des champs fertiles de cannes à sucre et d'indigotiers, qu'arrosaient les deux ruisseaux de Cuitimba et de San Pedro. Au mois de juin 1759, des bruits sourds, d'une nature alarmante, se firent entendre, et des tremblements de terre se succédèrent pendant deux mois, jusqu'à ce que, vers la fin de septembre, des

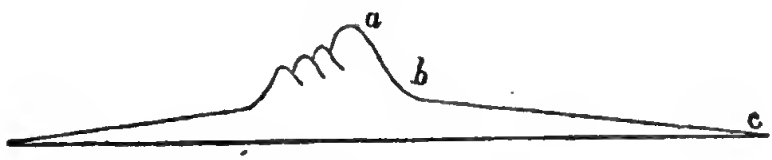
flammes sortirent de terre, et des fragments de roches brûlantes furent lancés à des hauteurs prodigieuses. Six cônes volcaniques, composés de scories et de fragments de lave, se formèrent le long d'une cavité qui se dirigeait du N.-N.-E. au S.-S.-O. Le plus petit de ces cônes avait trois cents pieds (91^{m}) de hauteur; et le Xorullo, qui était le volcan central, s'élevait de seize cents pieds (483^{m}) au-dessus du niveau de la plaine. Il en sortit plusieurs grands courants de lave basaltique, renfermant des fragments de roches granitiques, et ses émissions ne cessèrent qu'au mois de février 1760 (*).

M. de Humboldt visita le pays plus de quarante années après cet événement, et apprit des Indiens, que lorsqu'ils retournèrent à la plaine, longtemps après la catastrophe, elle était encore inhabitable, à cause de l'excessive chaleur du sol. Étant allé observer les lieux où s'était manifestée l'éruption, il vit, autour de la base des cônes, une masse de matière de forme convexe, qui s'en dégageait comme d'un centre, et s'étendait sur un espace de quatre milles carrés (un peu plus d'une demi-lieue carrée). Cette masse avait environ cinq cent cinquante pieds (168^{m}) de hauteur à sa jonction avec les cônes, et s'inclinait graduellement en

(*) Daubeny, on Volcanos, p. 337.

tous sens, vers la plaine; elle conservait encore une certaine chaleur; et, bien que dans les fissures, la température eût diminué d'année en année, en 1780 elle était encore suffisante pour allumer un cigare à la profondeur de quelques pouces.

Fig. 66.



a, Sommet du Xorullo.
b, *c*, Plan incliné dont la pente est de 6° à partir de la base des cônes.

Sur cette protubérance légèrement convexe, dont l'inclinaison doit former avec l'horizon un angle d'environ 6°, on voyait des milliers de monticules en forme de cônes aplatis, de six à neuf pieds (2 à 3^{m}) de haut, et qui, de même que les grandes fissures dont la plaine était sillonnée, exerçaient une action analogue à celle des fumerolles, laissant échapper des nuages d'acide sulfurique et de vapeur d'eau brûlante. Les deux petites rivières dont nous avons parlé tout-à-l'heure, disparurent pendant l'éruption, se perdant à l'extrémité orientale de la plaine, et reparaissant ensuite, vers sa limite occidentale, en sources chaudes.

Cause de la convexité de la plaine de Malpais. — M. de Humboldt a attribué la convexité de cette plaine à une sorte de boursouflement ; il suppose que le sol, sur une étendue de quatre milles carrés (un peu plus d'une demi-lieue carrée), a été soulevé, sous forme de vessie, jusqu'à la hauteur de cinq cent cinquante pieds (168^{m}) au-dessus du point le plus élevé de la plaine. Mais M. Scrope a fait observer que le phénomène pouvait être expliqué beaucoup plus naturellement ; il admet que les laves en coulant simultanément des divers orifices, et du Xorullo principalement, se sont réunies de manière à former une sorte d'étang ou de lac. Comme elles se répandaient sur une surface primitivement plate, il est à croire que si leur liquidité n'était point très grande, elles avaient plus d'épaisseur et de profondeur près de leur source, et qu'à partir de là, leur volume diminuait graduellement jusqu'aux limites de l'espace qu'elles recouvrent. Il est probable aussi que d'autres émissions eurent lieu successivement dans le cours d'une éruption qui dura plus de six mois, et qu'une partie de la nouvelle lave, reposant sur l'ancienne, ne put s'étendre qu'à très peu de distance du pied du cône, où elle dut nécessairement s'accumuler jusqu'à une grande hauteur.

Quant aux ondées de matières incohérentes et pul-

vérulentes rejetées par les six cratères, et notamment par le Xorullo, il y a également lieu de présumer que les particules en étaient plus lourdes et plus volumineuses près des cônes, et qu'elles devaient élever le sol à la base de ces derniers, où, se mêlant avec l'eau de pluie, elles ont donné naissance à la couche d'argile noire qui est décrite comme recouvrant la lave. Les petites élévations coniques appelées « hornitos, » ou petits fours, ressemblaient aux cinq ou six petites éminences qui existaient en 1823 sur la lave du Vésuve, et projetaient des colonnes de vapeur, ayant été produites par le dégagement des fluides élastiques qui avaient soulevé de petites masses de lave en forme de dômes. Les fissures que M. de Humboldt signale comme étant très nombreuses, sont tout-à-fait analogues à celles qui se produiraient naturellement pendant la solidification d'une couche épaisse de lave, se contractant par l'effet du refroidissement. D'un autre côté, la disparition des rivières est le résultat ordinaire de l'occupation, par la lave, de la partie inférieure d'une vallée ou d'une plaine, — phénomène dont les anciens courants volcaniques de l'Auvergne offrent de très beaux exemples. On a constaté que la chaleur des hornitos avait diminué depuis l'époque de leur origine; et M. Bullock, qui visita la contrée plusieurs années après M. de Humboldt,

trouva la température de la source chaude très peu élevée, ce qui semble indiquer évidemment le refroidissement graduel d'une couche sous-jacente de lave qui, par suite de son épaisseur, peut avoir conservé sa chaleur pendant un demi-siècle. Nous rappellerons au lecteur qu'en supposant ainsi que la lave la plus voisine du volcan et les cendres rejetées avaient plus de cinq cents pieds (152^{m}) de puissance, nous indiquons simplement l'épaisseur que le courant du Skaptaa-Jokul atteignit sur plusieurs points en 1783.

Sonorité du sol de la plaine. — On cite comme un autre argument à l'appui de la théorie du boursouflement résultant d'une force souterraine, le son creux que rend le sol de la plaine sous les pas d'un cheval, quoique ce fait ne prouve rien autre chose, si ce n'est que les matériaux dont la masse convexe est formée sont légers et poreux. Le son appelé « rimbombo » par les Italiens se produit souvent, sur un terrain rapporté lorsqu'on le frappe vivement; il n'a point été observé seulement sur les flancs du Vésuve et de divers autres cônes volcaniques sous lesquels se trouve une cavité, mais aussi dans certaines plaines, telles que la Campagne de Rome, qui est composée en grande partie de tuf et de roches volcaniques poreuses. Cet effet, toutefois,

peut être augmenté par la présence de grottes et de cavernes, car ces sortes de cavités sont peut-être aussi nombreuses dans les laves du Xorullo que dans celles de l'Etna mais leur existence ne prêterait aucun appui à l'hypothèse d'une grande cavite voûtée qui n'aurait pas moins de quatre milles carrés d'étendue, et de 550 pieds (168 m) de hauteur à son centre (*).

Aucune éruption récente n'a eu lieu au Xorullo. — Dans une des premières éditions de cet ouvrage j'ai rapporté, d'après des renseignements qui m'avaient été communiqués par le Capitaine Vetch, qu'en 1819 une tour fut renversée à Guadalaxara par un tremblement de terre, et que des cendres, dont on attribuait l'émission au Xorullo, tombèrent en même temps à Guanaxuato, ville située à cent quarante milles anglais (51 l) du volcan; mais un directeur des mines Allemand, M. Burkart, qui visita le Xorullo en 1827, a constaté que ce volcan n'avait point fait éruption depuis le voyage de M. de Humboldt, en 1803 Il descendit jusqu'au fond du cratère, et observa une légère émission de vapeurs d'acide sulfureux, mais les hornitos avaient entièrement cessé de rejeter de la vapeur. Pendant

(*) Scrope, on Volcanos, p. 267.

les vingt-quatre années qui s'étaient écoulées entre son voyage et celui de M. de Humboldt, la végétation avait acquis un développement considérable sur les flancs des nouvelles collines : le sol fertile de la contrée environnante avait vu doubler ses riches récoltes de sucre et d'indigo, et toutes les parties non cultivées étaient revêtues d'un taillis épais qui avait poussé naturellement (*).

Galong-goung, *Java*, 1822. — La montagne de Galong-goung était couverte en 1822 d'une épaisse forêt, et située dans une région très populeuse et très fertile de Java. A son sommet se trouvait une cavité circulaire, mais aucune tradition ne rapporte que d'anciennes éruptions y aient eu lieu. En juillet 1822, les eaux de la rivière Kunir, une de celles qui sortaient de ses flancs, devinrent chaudes et troubles. Le 8 octobre, une détonation violente se fit entendre, la terre trembla, et d'immenses colonnes d'eau chaude et de boue en ébullition, mêlées de soufre brûlant, de cendres et de lapilli aussi gros que des noix, furent lancées de la montagne comme un jet d'eau, et avec une force tellement prodigieuse qu'une grande quantité de ces matières alla tomber au-delà de la rivière Tandoi, qui est à quarante milles (141.) de distance. Toutes

(*) Leonhard et Bronn, Neues Jahrbuch, 1835, p. 56.

les vallées situées dans le rayon de cette éruption furent remplies d'un torrent brûlant : les rivières, grossies par des masses d'eau chaude et de boue, sortirent de leurs lits, et entraînèrent un grand nombre de personnes qui essayaient de fuir, ainsi que du bétail, des animaux sauvages et des oiseaux. Un espace de vingt-quatre milles (près de 9 l.), entre la montagne et la rivière Tandoi, fut couvert d'une boue bleuâtre, sur une hauteur telle, que les habitants se trouvèrent enterrés dans leurs demeures, et qu'il ne resta nulle trace apparente des plantations et des villages nombreux qui couvraient cette étendue. Les corps des individus qui périrent dans cet espace, se trouvant ensevelis dans la boue, n'étaient point visibles, mais ceux des victimes qui furent atteintes près des limites de l'action volcanique restaient à découvert et gisaient en grand nombre sur le sol, — brûlés en partie par l'eau chaude et en partie par le feu.

Les scories et la boue en ébullition furent projetées de la montagne avec une telle violence, que plusieurs villages éloignés se trouvèrent entièrement détruits et engloutis, tandis que d'autres, beaucoup plus rapprochés du volcan, éprouvèrent à peine quelque dommage.

La première éruption dura près de cinq heures; les jours suivants la pluie tomba par torrents, et

les rivières, abondamment chargées de boue, inondèrent le pays de tous côtés. Au bout de quatre jours (le 12 octobre), une seconde éruption, plus violente que la première, se manifesta ; elle donna lieu à de nouvelles émissions d'eau chaude et de boue, et de gros blocs de basalte furent projetés à la distance de sept milles ($2\frac{1}{3}$ l.) du volcan. En même temps un violent tremblement de terre se fit sentir, et, suivant un des récits de cette catastrophe, la montagne changea complétement d'aspect : son sommet fut renversé, et un de ses côtés, qui était couvert d'arbres, fut transformé en un vaste gouffre à demi circulaire. Cette cavité se trouvait à peu près à moitié chemin entre le sommet et la plaine, et était entourée de rochers escarpés qui, à ce qu'on prétend, furent soulevés pendant l'éruption. On dit aussi que de nouvelles collines et de nouvelles vallées furent formées, que le cours des rivières Banjarang et Wulan fut changé, et qu'en une seule nuit (le 12 octobre) il périt 2,000 personnes.

Ce qui donna d'abord l'éveil aux habitants de Bandong sur ce désastre, le 8 octobre, fut la nouvelle que la rivière Wulan entraînait à la mer des corps humains, ainsi que des cadavres de cerfs, de rhinocéros, de tigres et de divers autres animaux. Payen, peintre Hollandais, étant allé visiter le volcan, trouva que la quantité de cendres diminuait

à mesure qu'on approchait de la base de la montagne. Il mentionne l'altération que la violente secousse du 12 octobre fit subir à sa forme, mais ne décrit pas le gouffre à demi circulaire qui s'ouvrit sur un de ses côtés.

Suivant les récits officiels, 114 villages furent détruits, et le nombre des victimes s'éleva à plus de 4,000 (*).

Volcans sous-marins. — Bien qu'il y ait lieu de croire que des éruptions volcaniques aussi bien que des tremblements de terre se manifestent fréquemment dans le lit de la mer, on ne pouvait guère s'attendre à ce que des observateurs exercés pussent trouver souvent l'occasion d'être témoins de ces phénomènes. Des navigateurs ont quelquefois raconté avoir vu en différents points une fumée sulfureuse, des flammes, des jets d'eau et de vapeur, s'élancer de la mer ; d'autres fois ils ont dit avoir trouvé les eaux presque entièrement décolorées, et dans un état d'agitation comparable à celui qui résulte de l'ébullition. Il est arrivé aussi de rencon-

(*) Van der Boon Mesch, de Incendiis Montium Javæ, etc., Lugd. Bat. 1826 ; et Official Report of the President, Baron Van der Capellen (Rapport Officiel du Président, le Baron Van der Capellen). — Voir aussi l'ouvrage de M. de Buch, sur les Canaries, p. 424.

trer des hauts-fonds nouveaux, ou un récif de rochers s'élevant au-dessus de la surface, précisément en des points où l'on avait toujours supposé que l'eau avait une grande profondeur; enfin, la formation graduelle d'une île nouvelle a, quelquefois, été observée à la suite d'une éruption volcanique sous-marine. L'île de Sabrina, qui s'est produite en 1811, à la hauteur de Saint-Michel dans les Açores, a offert un exemple remarquable en ce genre. L'émission de cendres qui eut lieu, dans cette circonstance, et la formation d'un cône d'environ 300 pieds (91^{m}) de hauteur, avec un cratère dans le centre, offraient la plus grande analogie avec les phénomènes qui, d'ordinaire, accompagnent les éruptions volcaniques sur la terre ferme; mais Sabrina fut bientôt entraînée par les vagues. On cite plusieurs éruptions antérieures qui se manifestèrent dans la même partie de la mer en 1691 et en 1720; et indépendamment de l'apparition déjà mentionnée de Nyoë, — petite île qui se montra en 1783 à la hauteur de la côte d'Islande, — une autre île volcanique fut produite par une éruption, en juin 1830, près de Reikiavig, sur la même côte (*).

Ile Graham (**), 1831. — Nous avons des ren-

(*) Journ. de Géol., tome I.

(**) Dans une des premières éditions du présent ouvrage,

seignements encore plus récents et plus circonstanciés sur l'apparition d'une île volcanique nouvelle qui eut lieu en 1831 dans la Méditerranée, entre la côte S.O. de la Sicile, et cette partie avancée de la côte d'Afrique, près de laquelle l'ancienne Carthage était située. La position de l'île ne correspondait point à celle du grand haut-fond, ou banc désigné sous le nom de « Nerita, » comme on l'a prétendu d'abord, mais elle occupait un point où le Capitaine W. H. Smyth avait trouvé plus de cent brasses d'eau, lors de la reconnaissance exécutée par lui peu d'années auparavant (*).

L'île, située par 37° 8′ 30″ de latitude nord, et par 12° 42′ 15″ de longitude orientale, était à peu près de trente milles (11 l. env.) au S. O. de Sciacca, en Sicile, et à trente-trois milles (près de 12 l.) au N. E. de Pantellaria (**). Le 28 juin, quinze jours environ

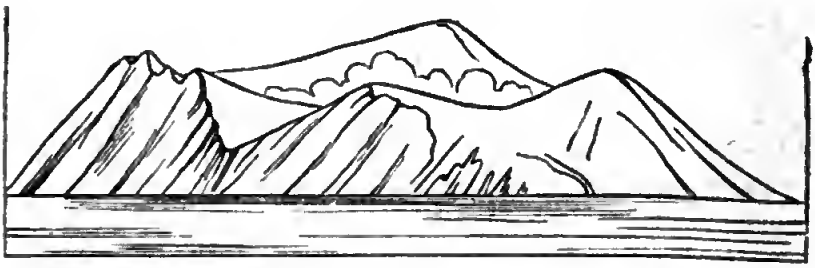
j'avais choisi, sur les sept noms qui avaient été proposés pour cette île, celui de Sciacca; mais la Société Royale et la Société de Géographie ont adopté depuis celui de Graham, que lui donna le Capitaine Senhouse, de la marine royale, qui y aborda le premier. Ces sept noms sont : Nerita, Ferdinanda, Hotham, Graham, Corrao, Sciacca et Julia. L'île n'étant restée visible que pendant trois mois environ, cette multiplicité de noms offre en ce genre une profusion, peut-être sans exemple, même dans les annales de la Zoologie et de la Botanique.

(*) Phil. Trans., 1832, p. 255.

(**) Journ. of Roy. Geograph. Soc. 1830-31.

avant que l'éruption fût visible, sir Pulteney Malcolm, en naviguant sur ce point, ressentit des secousses de tremblement de terre, comme si son vaisseau eût touché un banc de sable; et les mêmes chocs se manifestèrent sur la côte occidentale de la Sicile, dans une direction S. O. N. E. John Corrao, capitaine d'un vaisseau Sicilien, rapporta que vers le 10 juillet, passant près du même point, il vit une colonne d'eau, de soixante pieds (18m) de hauteur, et de huit cents mètres de circonférence, s'élancer de la mer. Cette colonne fut bientôt remplacée par une vapeur épaisse qui s'éleva jusqu'à la hauteur de 1,800 pieds (550m). Le 18 juillet, à son retour de Gergenti, le même navigateur trouva

Fig. 67.



Forme des rochers de l'Ile Graham, vus du S. S. E, à un mille de distance, le 7 août, 1831 (*).

une petite île de douze pieds (3m,7) de haut, avec

(*) Phil. Trans., part. II, 1832. Cette figure a été réduite d'après les dessins du Capitaine Wodehouse, de la marine royale.

un cratère à son centre, d'où sortaient des matières volcaniques et d'énormes colonnes de vapeur ; la mer, autour de cette île, se trouvait couverte de scories flottantes et de poissons morts. Les scories étaient d'une couleur chocolat, et l'eau qui bouillonnait dans le bassin circulaire avait une teinte rougeâtre. L'éruption continua avec une grande violence jusqu'à la fin de juillet, époque à laquelle l'île fut visitée par plusieurs personnes, entre autres par le Capitaine Swinburne, de la marine royale, et par M. Hoffmann, géologue Prussien. Elle avait alors de cinquante à quatre-vingt-dix pieds (15 à 27^{m}) de haut, et trois quarts de mille ($\frac{1}{4}$ de l.) de circonférence. Suivant quelques récits, le 4 août, son élévation était de plus de deux cents pieds (60^{m}), et elle avait trois milles (1 l.) de tour ; mais, passé cette époque, elle commença à diminuer de grandeur par suite de l'action des vagues. Le 25 août, elle n'avait plus que 2 milles ($\frac{2}{3}$ de l.) de circonférence ; et, lorsque le 3 septembre elle fut examinée avec le plus grand soin par le Capitaine Wodehouse, son circuit se trouvait réduit aux $\frac{3}{5}$ d'un mille ($\frac{1}{3}$ de l.). Sa plus grande hauteur était alors de cent sept pieds (près de 33^{m},1), et le cratère avait environ sept cent quatre-vingts pieds (238^{m}) de tour. Lorsque l'île fut visitée, le 29 septembre, par M. Constant Prévost, sa circonférence n'était plus que d'environ 700 mètres. Elle était

Fig. 68.

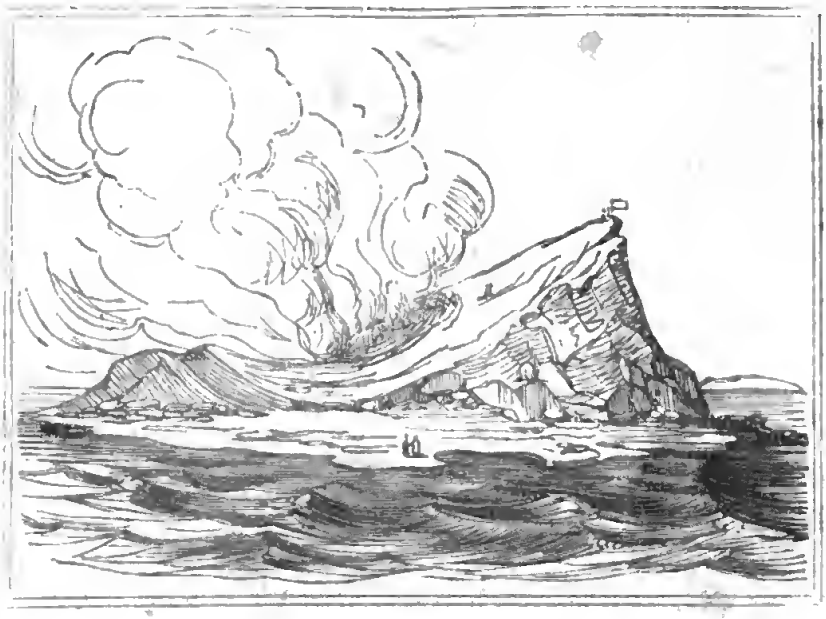
Vue de l'intérieur de l'Ile Graham, le 29 septembre, 1831.

entièrement formée de matières volcaniques incohérentes, de scories, de ponce et de lapilli, rejetés en strates régulières, dont quelques unes sont décrites comme ayant été parallèles à la pente escarpée de l'intérieur du cratère, tandis que les autres étaient inclinées vers l'extérieur, comme celles du Vésuve (*). Lorsque l'arrangement des matériaux rejetés a été déterminé par leur chute continuelle

(*) Voyez le Mémoire de M. Constant Prevost, sur l'Ile Julia, inséré dans les Annales des Sciences Naturelles, tome XXIV.

sur deux pentes escarpées, — celle du cône extérieur, et celle du cratère, qui est toujours un cône creux renversé, — il en résulte que la coupe transversale que l'on pratiquerait dans ces matériaux se-

Fig. 69.



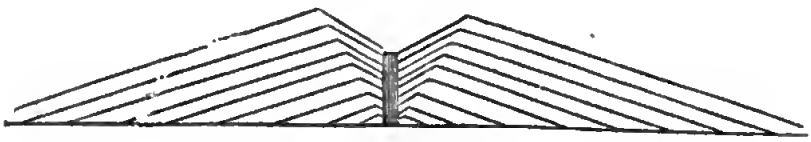
Ile Graham, *le* 29 *septembre*, 1831 (*).

rait probablement analogue à celle que représente la figure 70. Mais lorsque je visitai le Vésuve, en 1828,

(*) Dans la figure ci-jointe (pl. 69), dessinée par M. Joinville, qui accompagna M. Constant Prévost, les lits semblent plonger vers le centre du cratère; mais j'ai appris de M. Prévost que l'artiste n'avait pas eu l'intention de représenter par ces lignes l'inclinaison des lits.

je ne vis point de lits de scories inclinés vers l'axe

Fig. 70.



du cône (Voyez fig. 55, pag. 100). Peut-être y en eut-il jadis; mais les explosions, les affaissements ou les causes quelconques qui donnèrent naissance au grand cratère de 1822, peuvent les avoir détruits.

Un très petit nombre des pierres rejetées par l'ouverture volcanique de Graham excédaient un pied (0m,30 environ) de diamètre. Quelques fragments de calcaire dolomitique, seule substance non volcanique que l'on ait observée, se trouvaient entremêlés avec ces pierres. Pendant le mois d'août, il se manifesta dans la mer, au S. O. de la nouvelle île, un fort bouillonnement et une agitation violente, accompagnés de l'émission constante d'une colonne d'épaisse vapeur blanchâtre qui indiquait l'existence d'une seconde ouverture à peu de distance de la surface. Vers la fin d'octobre, il ne restait pas la moindre trace du cratère, et l'île était presque de niveau avec la surface de l'Océan, à l'exception d'un seul point où se trouvait un petit monticule

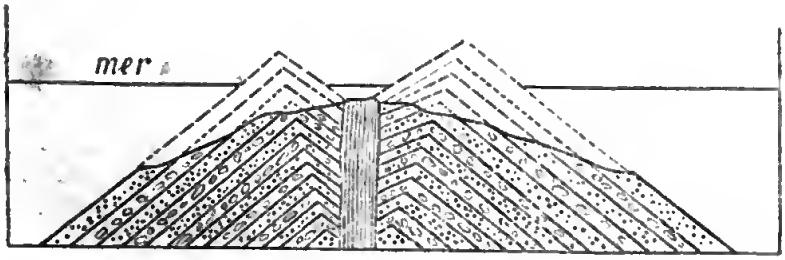
de sable et de scories. On a prétendu qu'au commencement de l'année suivante (1832), il y avait cent cinquante pieds (45^{m}) d'eau à la place que l'île avait occupée : mais cette assertion était complétement erronée ; car dans la première partie de cette année, le Capitaine Swinburne trouva un haut-fond en ce point, où l'eau d'ailleurs était incolore ; et vers la fin de 1833 il y existait un récif très dangereux, de forme ovale, et de près de $\frac{3}{5}$ de mille ($\frac{1}{5}$ de l.) d'étendue Au centre, et à neuf ou onze pieds (2$_{m}$,7 et 3^{m},3) sous l'eau, se trouvait un rocher noir d'environ vingt-six brasses de diamètre ; il était entouré par des bancs de roches volcaniques noires et de sable ; mais à soixante brasses de cette masse centrale, la profondeur augmentait rapidement. A la distance de quatre cent cinquante pieds (137^{m}) S. O. du grand récif, il y avait un second haut-fond, couvert de quinze pieds (4^{m},6) d'eau. Il était aussi formé de rocs et entouré d'une mer profonde. Tout porte à croire que la roche qui forme le milieu du grand récif est une masse de lave solide qui fut émise par le cratère principal, et que le second haut-fond indique la place où eut lieu l'éruption sous-marine observée, en août 1831, au S. O. de l'île.

D'après tous les faits qui viennent d'être cités, il paraît qu'une colline de huit cents pieds (244^{m}),

ou même plus de hauteur, fut formée par un volcan sous-marin, dont la partie supérieure, qui n'avait environ que deux cents pieds (60m), s'éleva au-dessus des eaux de manière à former une île. Ce cône doit avoir égalé en volume un des plus grands volcans latéraux situés sur les flancs de l'Etna, et sa hauteur devait être de moitié, à peu près, de la montagne du Xorullo, qui fut formée en 1759 dans l'espace de neuf mois. Une grande cavité était entretenue au centre du nouveau volcan par des émissions gazeuses ; il s'en échappait des scories, et probablement aussi de la lave liquide. Il arrive assez souvent que de petits cratères secondaires se fassent jour près du sommet d'un cône, et c'est ce qui peut avoir eu lieu lors de la formation de l'Ile Graham ; une ouverture de ce genre communiquant peut-être avec le canal principal de décharge, qui livrait passage dans cette direction à des gaz, à des scories et à de la lave fondue. Il n'y a point d'apparence qu'aucun courant de lave soit sorti par cet orifice ou par l'ouverture principale ; mais il est fort possible que des roches en fusion aient coulé des flancs ou de la base du cône, — circonstance qui a lieu souvent sur la terre ferme, — et se soient répandues de manière à former une nappe très étendue sur le fond de la mer.

Les lignes ponctuées, dans la figure ci-jointe, indiquent la restitution idéale de la partie supérieure du cône qui a été emportée par les vagues, et les lignes pleines représentent la partie du volcan qui est encore sous l'eau; au centre, se trouve une grande colonne, ou dyke de lave solide, dont le diamètre est de deux cents pieds (60m), et qu'on suppose remplir l'espace par où les fluides gazeux s'élevaient; de chaque côté du dyke on voit une masse

Fig. 71.



Coupe supposée de l'Ile Graham (C. Maclaren) (*).

stratifiée de scories et de fragments de lave. Le noyau solide du récif, où l'on trouve maintenant la roche noire, résiste au mouvement de la mer, tandis que la partie supérieure des tufs incohérents qui l'entourent a été entraînée. Ainsi la lave qui formait la partie la plus basse de l'île, ou pour parler

(*) Geol. of Fife and the Lothians (Géologie du Fife et des Lothians), p. 41. Edim. 1839.

plus exactement, la portion qui ne dépassa pour ainsi dire jamais le niveau de la mer lorsque l'île existait, se trouve aujourd'hui le point culminant du récif.

Aucun des faits observés, soit pendant l'éruption, soit depuis que l'île a disparu, n'a corroboré l'opinion émise par quelques auteurs, qu'une partie de l'ancien lit de la mer avait été soulevée en masse.

Suivant le Docteur John Davy, les produits solides, tels que le sable, les scories légères, ou la lave poreuse, différaient plus par la forme que par la composition. La lave contenait de l'augite, et sa pesanteur spécifique était de 2,07 et de 2,70. Quand les scories spongieuses et légères qui flottaient sur la mer furent réduites en une poudre fine par la trituration, et que la plus grande partie de l'air qu'elles contenaient s'en fut dégagée, leur pesanteur spécifique se trouva être de 2,64; celle d'une portion du sable qui tomba pendant l'éruption était de 2,75 (*); de sorte que ces différents matériaux égalaient les granits ordinaires sous le rapport du poids et de la dureté. Le seul gaz émis en quantité un peu considérable était de l'acide carbonique (**).

(*) Phil. Trans. 1832, p. 243.
(**) Idem, p. 249.

Iles Canaries — Ténériffe. — Le pic de Ténériffe, dont la hauteur est de douze mille pieds (3657^{m}) environ, s'élève, dit M. de Buch, comme une tour fortifiée, garnie de bastions et de fossés. Les bastions consistent, comme l'escarpement à demi circulaire de la Somma qui fait face au Vésuve, en rocs abruptes de trachyte, de basalte, de conglomérats grossiers, et de tufs traversés par des dykes volcaniques, pour la plupart verticaux et de basalte. La hauteur de ces rochers varie entre mille et dix-huit cents pieds (300 et 550^{m}, environ), et M. de Buch pense que, conformément à la théorie qu'il a proposée pour expliquer l'origine des cônes du Vésuve et de l'Etna, ils ont été soulevés dans leur position actuelle par une force souterraine.

Le cratère le plus élevé du pic n'a jamais rejeté que des vapeurs sulfureuses depuis qu'il est connu des Européens; mais une éruption eut lieu en juin 1798, à peu de distance du sommet, et plusieurs autres sont mentionnées comme ayant donné naissance à des courants de lave qui coulèrent de points très élevés; d'autres, enfin, éclatèrent plus près du niveau de la mer. Toutes ces éruptions, néanmoins, semblent dépendre d'un grand centre d'action, ou de ce canal ouvert communiquant entre l'intérieur de la terre et l'atmosphère, et qui se termine au cratère le plus élevé du pic.

On peut donc considérer Ténériffe comme ayant été, depuis une époque très ancienne, l'ouverture principale et habituelle de l'archipel volcanique des Canaries. Les émissions qui ont eu lieu dans les îles voisines de Palma, de Lancerote, et en diverses autres, peuvent être d'une nature subsidiaire, et ont été probablement plus fréquentes et plus violentes lorsque le grand cratère s'est trouvé partiellement fermé, — ce qui s'accorderait parfaitement avec les éruptions violentes dont Ischia et le Monte Nuovo furent le théâtre pendant que le Vésuve était en repos.

Éruption dans l'île de Lancerote, 1730 *à* 1736. — Parmi les diverses éruptions insulaires qui éclatèrent aux Canaries, celle qui eut lieu dans l'île de Lancerote, entre les années 1730 et 1736, fut très remarquable. Une description fort détaillée en a été publiée par M. de Buch, qui, lorsqu'il visita cette île en 1815, eut occasion de comparer les récits dont cet événement fut l'objet, avec l'état actuel du pays et le circonstances géologiques qu'il présentait alors (*). Le 1er septembre, 1730, la terre se fendit

(*) Ce récit a été principalement extrait par M. de Buch du manuscrit de don Andrea Lorenzo Curbeto, curé de Yaira, où l'éruption commença. — Ueber einen vulcanischen Ausbruch auf der Insel Lanzerote.

subitement à deux lieues de Yaira. En une nuit il s'éleva une colline considérable formée de matières rejetées; et quelques jours plus tard, une autre bouche volcanique s'ouvrit, donnant issue à un courant de lave, qui engloutit Chinanfaya et plusieurs autres villages. Cette lave coula d'abord rapidement, comme de l'eau; puis, prenant la consistance du miel, elle ne s'avança plus que lentement. Le 7 septembre, une roche d'un énorme volume fut projetée du fond de la lave, avec un bruit semblable à celui du tonnerre, et le courant fut forcé de changer de route, du nord au nord-ouest, de sorte que la bourgade de Santa-Catalina et plusieurs autres villages furent engloutis. On ignore si l'apparition de cette roche doit être attribuée à un tremblement de terre, ou si c'était une masse de lave ancienne, analogue à celle dont nous avons déjà parlé comme ayant apparu en Islande, dans le cours de 1783.

Le 11 septembre, il s'épancha une quantité de lave encore plus considérable qui couvrit entièrement le village de Maso : pendant huit jours consécutifs cette masse se précipita dans la mer avec un fracas effroyable. Un nombre immense de poissons morts flottaient à la surface des eaux, ou venaient mourir sur le rivage. Après un court intervalle de repos, trois nouveaux orifices s'ouvrirent sur le lieu même

où Santa-Catalina avait été engloutie, et il en sortit une énorme quantité de lapilli, de sable et de cendres. Le 28 octobre, le bétail, dans toute l'étendue du pays, tomba sans vie sur le sol, suffoqué par des vapeurs putrides qui se condensaient et retombaient sous forme de gouttelettes. Enfin, le 1er décembre, un courant de lave atteignit la mer, et forma une île, autour de laquelle il se fit une prodigieuse accumulation de poisson mort.

Du nombre de cônes formés pendant cette éruption. — Il est inutile de donner ici les détails de l'engloutissement d'autres lieux qui fut occasionné par des torrents ignés, ou de faire le récit d'un orage terrible dont les habitants n'avaient pas encore vu d'exemple dans leur pays. Le 10 janvier 1731, il se produisit une haute colline qui, le même jour, se précipita dans son propre cratère; des flots de lave embrasés en sortirent, et coulèrent jusqu'à la mer. Le 3 février, un nouveau cône s'éleva. Plusieurs autres, formés en mars, déversèrent des courants de lave. Enfin, une trentaine d'autres cônes volcaniques s'élevèrent successivement. Au mois de juin 1731, pendant le renouvellement des éruptions, tous les bancs et tous les rivages de la partie occidentale de l'île furent couverts de poissons morts, de différentes espèces, dont plusieurs n'avaient ja-

mais été vues auparavant. De la fumée et des flammes s'échappèrent de la mer avec de bruyantes détonations. Ces terribles commotions durèrent, sans interruption, pendant *cinq années successives*, et un grand nombre d'habitants furent obligés d'émigrer.

Direction linéaire de ces cônes. — Quant à la hauteur des nouveaux cônes, M. de Buch s'est assuré que Santa-Catalina, autrefois si grande et si florissante, était ensevelie sous des collines de quatre cents pieds (122^{m}) d'épaisseur. Cet observateur fait remarquer que le cône le plus important de la série s'élevait de 600 pieds (183^{m}) au-dessus de sa base, et de 1378 pieds (420^{m}) au-dessus de la mer, et que plusieurs autres étaient presque aussi hauts. Les nouvelles ouvertures étaient toutes disposées *sur une ligne*, d'environ deux milles géographiques de longueur, et dans une direction à peu près est et ouest. Si l'on admet la probabilité de la conjecture de M. de Buch, savoir, que ces issues s'ouvrirent le long de la ligne formée par une fente, on devra nécessairement supposer que cette fissure souterraine ne s'était prolongée vers la surface que par degrés, et que la fente était étroite à sa base, ainsi que cela a lieu ordinairement quand les fissures sont produites par des tremblements de terre.

Il se pourrait que les parties les moins résistantes de la fente eussent donné issue à des laves et à des fluides élastiques, jusqu'à ce que, la première ouverture se trouvant obstruée par des éjections et par la solidification de la lave, de nouveaux orifices se fussent formés successivement le long de la ligne de la fissure primitive. M. de Buch a treuvé que chacun de ces cratères était plus bas du côté où la lave avait coulé; mais plusieurs d'entre eux n'étaient point ébréchés, et n'offraient aucune trace de courants de lave. Dans un de ces cratères, on observait des fentes d'où s'échappaient des vapeurs qui, en 1815, firent monter le thermomètre jusqu'à 145° Fahrenheit (62°,8 centigr.) : il est à croire que dans les parties inférieures des fissures, la température était égale à celle de l'eau bouillante. Les exhalaisons paraissaient formées de vapeur aqueuse : cependant cette vapeur ne pouvait être pure, car les crevasses étaient incrustées, des deux côtés, de *sinter* siliceux — hydrate de silice de couleur blanchâtre ou plutôt opaline, — qui s'étendait presque jusqu'au milieu. Ce fait important atteste la durée de l'intervalle pendant lequel l'action chimique se prolonge après les éruptions, et il fait voir comment des fissures ouvertes peuvent être comblées latéralement par des matières minérales sublimées par l'effet des exhalaisons volcaniques. Les laves de cette éruption

couvrirent presque le tiers de l'île, formant souvent, sur des plans légèrement inclinés, de grandes coulées horizontales de plusieurs lieues carrées d'étendue, qui présentaient l'analogie la plus frappante avec les plateaux basaltiques de l'Auvergne.

Différence supposée entre les laves anciennes et les laves modernes. — On a reconnu que la lave d'un des courants modernes renferme des masses d'olivine de couleur vert-olive, ressemblant à celles qu'on observe dans une des laves du Vivarais. M. de Buch suppose que les grands cristaux d'olivine proviennent d'un basalte préexistant qui a été fondu par l'action des volcans nouveaux; mais nous n'avons point, il me semble, de données suffisantes pour appuyer cette conjecture. Les roches les plus anciennes de l'île consistent, pour la plupart, en cette sorte de lave basaltique, quelquefois colomnaire, qu'on nomme dolérite; on y rencontre aussi des couches de basalte commun et d'amygdaloïde. Quelques laves récentes qui ont pris, en pénétrant dans la mer, une forme prismatique, ressemblaient tellement aux laves anciennes des Canaries, que la seule distinction géologique que M. de Buch soit parvenu à établir entre elles, c'est qu'elles n'alternaient point avec des conglomérats, comme les ba-

saltes anciens. Quelques auteurs modernes ont cherché à découvrir, dans la grande abondance de ces conglomérats, une preuve de la différence de l'action volcanique dans les temps anciens et dans les temps modernes; mais ce caractère doit, plus probablement, être attribué à la différence des actions sous-marines et de celles qui se produisent sur les terres découvertes. Tous les blocs et tous les fragments de lave imparfaitement arrondis qui ont été transportés, pendant les intervalles d'éruption, par les rivières et les torrents, dans la mer voisine, ou arrachés aux falaises minées par l'action continue des vagues, doivent s'accumuler en brèches stratifiées et en conglomérats, et être plusieurs fois recouverts par d'autres laves. C'est ce qui a lieu de nos jours sur les côtes de Sicile, entre Catane et Trezza, où la mer vient briser, et où elle couvre le rivage de blocs et de galets provenant des laves modernes de l'Etna; et sur quelques parties de la côte d'Ischia, où de nombreux courants de trachyte sont de même minés et taillés en profonds précipices. Ainsi, chaque fois que, dans un archipel volcanique, une île surgit de la mer par suite de quelque tremblement de terre, les laves fondamentales et les plus anciennes (relativement à tout ce qui est au-dessus) se distinguent souvent des laves provenant d'éruptions postérieures sur la terre ferme, par leur al-

ternance avec des lits de grès et de roches fragmentaires.

Le défaut d'identité que l'on suppose entre les phénomènes volcaniques de diverses époques se réduit donc à la différence sensible qu'on observe entre les actions produites simultanément au-dessous et au-dessus des eaux. Telle est, ainsi que cela a déjà été établi dans le premier livre (chap. V) de cet ouvrage, l'origine de nos préjugés les plus enracinés à l'égard de certaines données géologiques : à peine essayons-nous d'étudier et d'expliquer les phénomènes sous-marins, que nous nous sentons, comme on le dit vulgairement, hors de notre élément ; et, ne voulant pas avouer que notre ignorance extrême sur la manière dont les choses continuent à se passer incessamment à l'époque actuelle peut être la cause de nos doutes, nous cherchons un refuge dans un « ordre préexistant de la Nature. »

Formation récente du travertin oolithique dans l'île de Lancerote. — Dans une partie considérable de l'île de Lancerote, les laves anciennes sont recouvertes par une mince couche de calcaire d'un pouce (25^{mm} environ) à deux pieds (60^{c}) d'épaisseur. Cette roche est très dure et tient de la nature des stalactites ; quelquefois elle est oolithique,

comme le calcaire du Jura, et renferme des fragments de lave et des coquilles terrestres, — des hélices et des bulimes principalement. Parfois elle s'élève jusqu'à la hauteur de huit cents pieds (244^{m}) au-dessus du niveau de la mer. M. de Buch suppose que cette couche remarquable a été produite par l'action des vents violents du nord-ouest, qui, en hiver, chassent sur l'île des nuages formés par l'écume de la mer, d'où des particules calcaires peuvent se déposer à la manière des stalactites. M. Darwin m'a dit avoir trouvé à Sainte-Hélène un calcaire dont les parties les plus dures correspondent exactement à la pierre de Lancerote. Il attribue l'origine de cette roche de Sainte-Hélène, non à l'écume de la mer, mais au transport, par des vents violents, des molécules les plus fines des coquilles qui se trouvent ainsi entraînées loin du rivage de la mer. Quelques parties de cette agglomération sont ensuite dissoutes par l'humidité de l'atmosphère, et forment un nouveau dépôt qui tend à convertir le sable calcaire en oolithe.

Éruption récente dans l'île de Lancerote. — De 1736 à 1815, époque à laquelle M. de Buch visita l'île de Lancerote, il n'y eut point d'éruption; mais en août, 1824, un cratère s'ouvrit près du port de

Rescif, et ses déjections donnèrent lieu, dans l'espace de vingt-quatre heures, à la formation d'une colline considérable. De violents tremblements de terre précédèrent et accompagnèrent cette éruption (*).

Santorin. — La portion extérieure de Santorin, dans l'archipel Grec, se compose de trois îles, Santorin, Therasia et Aspronisi, qui entourent un golfe presque circulaire d'environ deux lieues de diamètre du sud au nord, et d'une lieue et demie de l'est à l'ouest. L'île de Santorin forme à elle seule plus des deux tiers du circuit, et se compose entièrement de matière volcanique, à l'exception de sa partie méridionale, qui s'élève à trois fois la hauteur qu'atteignent les roches ignées de l'île, et est formée de calcaires grenus et de schistes argileux (**). Cette partie montagneuse constitue le noyau primitif et fondamental de l'île; et, suivant M. Bory de Saint-Vincent, ses strates ont la même direction que celles des autres îles de l'archipel Grec, c'est-à-dire, qu'elles courent du nord-nord-ouest au sud-sud-est. Leur inclinaison

(*) Férussac, Bulletin des Sciences Naturelles, t. V. p. 45. 1825. Le volcan était encore en feu lorsque le récit que nous rapportons fut écrit.

(**) Virlet, Bull. de la Soc. Géol. de France, tome III. p. 103.

et leurs fractures n'ont aucun rapport avec la position des roches volcaniques modernes dont les autres îles de l'archipel se trouvent formées exclusivement. La masse volcanique, qui doit être consi-

Fig. 72.

Carte de Santorin et des îles voisines dans l'archipel Grec.
(M. de Buch.)

dérée comme une formation tout-à-fait indépendante, consiste en lits alternants de lave trachytique, de tuf et de conglomérats, qui inclinent en tous sens à partir du centre du golfe jusqu'à la circonférence.

Vers le golfe, ils présentent une pente très haute et très escarpée, les précipices, dans l'île de Santorin, s'élevant à plus de huit cents pieds (244^{m}), et plongeant en même temps dans une mer de huit cents à mille pieds (244 à 305^{m}) de profondeur. Chacune des îles est recouverte par une masse énorme de conglomérat blanc tufacé, de quarante à cinquante pieds (12 à 15^{m}) d'épaisseur, et non de ponce, ainsi qu'on l'a souvent prétendu. Les assises de lave et de tuf ci-dessus mentionnées sont accumulées les unes sur les autres en grand nombre, mais elles sont d'inégale épaisseur. Quoique paraissant disposées avec une grande régularité, quand on en considère l'ensemble, on voit qu'elles sont discontinues, comme celles du Vésuve, lorsque l'œil n'en saisit, à quelque distance, qu'une masse partielle.

Avant de discuter la valeur de la théorie proposée pour expliquer la structure de ce groupe volcanique, il serait à propos de tracer une esquisse succincte de son histoire, en tant qu'elle est connue. Pline rapporte que la séparation de Therasia et de Thera, ou Santorin, eut lieu à la suite d'un violent tremblement de terre, l'an 236 avant l'ère vulgaire. On sait aussi, d'après cet auteur et plusieurs autres autorités, que l'année 186 avant la même ère donna naissance, au milieu du golfe, à Hiera, ou l'île

Sacrée, encore appelée maintenant Hiera-Nisos, ou quelquefois Palaia-Kameni (Ancienne Ile Brûlée). Il semble n'y avoir eu alors qu'un soulèvement de lave solide, et non point une éruption. En l'an 19 de notre ère, Thia (la divine) apparut au-dessus de la surface des eaux. Cette petite île n'a plus une existence distincte, ayant été réunie à Hiera, dont elle ne se trouvait éloignée que de deux cent cinquante pas: Hiera elle-même s'agrandit en 726 et en 1427. En 1573, apparut la petite île de Micra-Kameni, à la suite des éruptions qui donnèrent naissance à un petit cône, d'une centaine de pieds (30^{m}) de hauteur, et terminé par un cratère dont les déjections successives formèrent l'île en question.

Le 27 septembre 1650, immédiatement après un tremblement de terre violent, une éruption se manifesta à trois ou quatre milles (1 l. à 1 $\frac{1}{3}$) de Santorin, tout-à-fait en dehors du golfe. Elle ne donna naissance à aucune île nouvelle, mais éleva considérablement le fond de la mer dans le point où elle éclata. Cette éruption dura trois mois, et détruisit plusieurs maisons dans l'île de Santorin, où les vapeurs de soufre et d'hydrogène firent périr plus de cinquante personnes et plus d'un millier d'animaux domestiques. Une vague de cinquante pieds (15^{m}) de hauteur se brisa sur les rochers de l'île de

Nio, à quatre lieues environ de distance, et s'avança de trois cent cinquante pas dans l'intérieur de l'île de Sikino, située à sept lieues. La mer se répandit aussi sur Santorin, y renversa deux églises, et mit à découvert deux villages, — un de chaque côté de la montagne de Saint-Étienne. Ces deux villages avaient probablement été engloutis par des matières volcaniques incohérentes, lors de quelque ancienne éruption (*).

Enfin, de 1707 à 1709, Nea-Kameni fut produite entre Palaia et Micra (Vieille et Petite) Kameni. Cette île se composait originairement de deux parties distinctes ; la première qui s'éleva fut appelée l'île *Blanche* : c'était une masse de ponce extrêmement poreuse. Le père Goree, jésuite, qui était alors à Santorin, dit que cette roche « se coupait comme du pain ; » que lorsque les habitants abordèrent à la nouvelle île, ils trouvèrent, adhérant à la roche, une immense quantité d'huîtres fraîches, parvenues à leur entière croissance, et qu'ils les mangèrent (**). Cette île fut ensuite recouverte en grande partie par les déjections provenant du cratère de la seconde île qui avait surgi en même temps, et à laquelle on avait donné le nom « d'île *Noire*, » parce qu'elle

(*) Virlet, Bull. de la Soc. Géol. de France. tome III, p. 103.
(**) Phil. Trans. N° 332.

était en partie composée de trachyte noir. Cette ouverture volcanique, actuellement appelée volcan de la Nouvelle-Kameni, fit éruption plusieurs fois pendant les années 1711 et 1712, et forma un cône de trois cent trente pieds (100^{m}) de hauteur au-dessus du niveau de la mer : il existe donc maintenant deux conduits de communication directe entre l'atmosphère et les foyers volcaniques situés sous le groupe de Santorin, — les cratères de la Nouvelle et de la Petite Kameni.

Un fait curieux a été cité par M. Virlet relativement au soulèvement lent et graduel d'une crête solide, que l'on suppose avoir lieu au fond de la mer. L'eau, il y a vingt ans, avait quinze brasses de profondeur entre la Petite Kameni et le port de Phira, dans l'île de Santorin. En 1830, lorsque MM. Virlet et Bory visitèrent ce point, la profondeur de l'eau n'était plus que de trois ou quatre brasses. Ces deux observateurs trouvèrent que le fond consistait en une roche dure, de trachyte probablement, et s'étendant sur une longueur d'environ 800 mètres de l'est à l'ouest, et de 500 seulement du nord au sud. Au-delà de ce point, la mer s'approfondissait rapidement de tous côtés. M. Virlet conclut de ces faits, et des informations qu'il a recueillies sur les lieux mêmes, que le lit de la mer s'élève graduellement, et que, suivant toute probabilité, une île nouvelle

apparaîtra un jour, sans commotion, au-dessus de la surface. Il prétend que la croûte solide de la roche actuellement en voie de s'élever peut se comparer à un bouchon « qui serait lentement chassé par la fermentation d'un liquide (*). »

Après les descriptions qui viennent d'être données, on se trouve conduit naturellement à comparer les trois îles extérieures qui entourent le golfe de Santorin à l'escarpement demi-circulaire de la Somma, tandis que les petits îlots soulevés depuis les temps historiques, dans le centre du golfe, peuvent être assimilés au cône moderne, ou plutôt aux cônes du Vésuve.

M. de Buch suppose qu'un dôme solide de trachyte s'élève actuellement au centre du golfe, et que la force expansive qui agit en dessous se fraiera quelque jour une issue, et imprimera de tous côtés, aux roches soulevées, une inclinaison de dedans en dehors (**). La masse poreuse de ponce blanche qui fut soulevée en 1707 (voy. p. 253) semble offrir une preuve de l'élévation partielle de la matière solide, et on peut la comparer à la croûte solide des scories, qui présente souvent assez de résistance pour supporter des poids considérables à la surface des

(*) Virlet, Mémoire cité, p. 253.

(**) Poggendorf Annalen (Annales de Poggendorf), 1836, p. 183.

courants de lave encore en mouvement. Mais de pareilles données sont beaucoup trop obscures, et trop peu nombreuses, d'ailleurs, pour imprimer un caractère suffisant de probabilité à nos conjectures sur la corrélation des causes qui peuvent aujourd'hui soulever le lit de la mer dans le point en question, et sur celles qui ont déterminé la configuration actuelle des plus anciennes roches volcaniques de Santorin.

Il était naturel que M. Virlet objectât que si une masse comme celle de Santorin, qui, avec ses fondations sous-marines, doit avoir de 1700 à 2000 pieds (518 à 609^{m}) d'épaisseur, venait à être subitement et violemment soulevée, les roches dont elle se compose devraient nécessairement se trouver sillonnées de toutes parts par des fentes divergeant du centre principal de mouvement vers la circonférence. Mais de telles fentes n'existent point, non plus qu'aucun signe indiquant la rupture et la dislocation de la masse. M. Virlet cite encore un autre fait contre l'opinion qui attribue la structure particulière des trois îles extérieures au soulèvement de lits horizontaux en une masse de forme conique. En examinant les divers courants de lave, dont l'existence n'était point connue de M. de Buch, qui n'avait pas visité Santorin, on a trouvé que les vésicules ou pores, si nombreux dans ces laves, sont

allongés dans les diverses directions où ils le seraient naturellement si la matière en fusion avait coulé vers différents points de l'horizon, du sommet d'une montagne conique, dont les îles actuelles auraient formé la base. La force de cet argument sera appréciée par ceux qui savent que les bulles de gaz enfermées dans un liquide en mouvement prennent une forme ovale, et que la direction du grand axe coïncide toujours avec celle du courant. M. Virlet observe aussi que la couche épaisse de conglomérat tufacé blanc dont toutes ces îles sont couvertes uniformément, pourrait bien être attribuée à une chute abondante de matière volcanique, pendant la convulsion violente qui donna lieu originairement au soulèvement du grand cône, et détermina sa troncature, ainsi que son évidement à l'intérieur.

La manière dont les murs extérieurs furent séparés en trois îles distinctes se conçoit aisément. Les fractures principales se trouvant au nord-ouest, qui est le point le plus exposé à l'action des vagues et des courants, il se pourrait que le tremblement de terre de l'année 236 avant J.-C., dont Pline fait mention, eût occasionné, de ce côté, une fissure qui livrât passage aux vagues et aux courants, et leur permît d'entraîner les conglomérats et les tufs incohérents, exactement comme fut entraînée l'île Graham. Quant aux points où il ne se trouvait pas

de lave, ou qui n'en renfermaient que très peu, les vagues s'y frayèrent promptement une issue (*).

Les dimensions du Golfe de Santorin ne sont pas plus considérables que celles que l'on peut supposer résulter de la troncature et de la chute de grands cônes volcaniques. Nous verrons plus loin que le Papandayang, qui, jadis, était un des volcans les plus élevés de Java, perdit, en 1772, près de 4000 pieds (plus de 1200^{m}) de sa hauteur primitive (**). Pendant une éruption qui éclata en 1444, et fut accompagnée d'un tremblement de terre effroyable, le sommet de l'Etna fut détruit, mais il resta un cratère énorme par où s'écoulait la lave. On peut voir encore, près de la Casa Inglese, un segment de ce cratère, qui, dans son entier, devait avoir plusieurs milles de diamètre. Si l'Etna avait été tronqué de nouveau depuis le bas jusqu'à la limite supérieure de la région boisée, un bassin circulaire de trente milles d'Italie de circonférence, c'est-à-dire, un bassin dont le circuit eût excédé de cinq ou six milles celui du Golfe de Santorin, aurait ainsi été formé. Cependant nous avons tout lieu de croire que les lits de laves feldspathiques et basaltiques, ainsi que les brèches et les tufs alternants, plongeraient dans cette partie du grand cône de l'Etna, vers tous

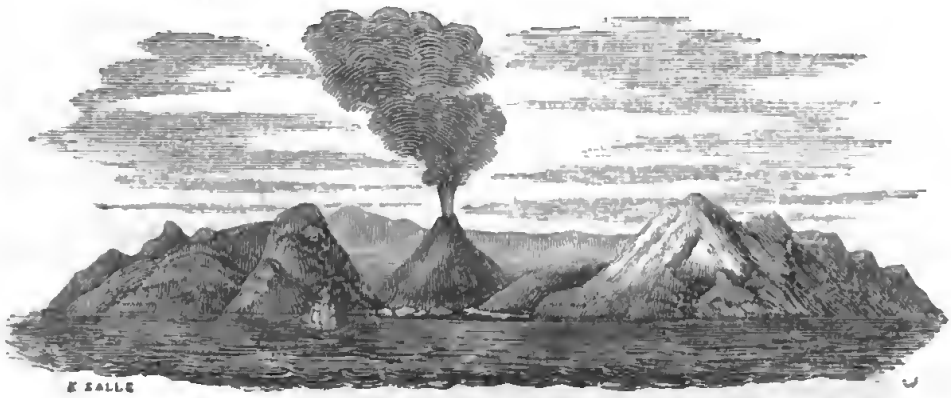
(*) Virlet, Mém. cité, p. 253.

(**) Voyez chap. VIII du présent volume.

les points de l'horizon, en formant, à partir du centre, des angles d'environ 15 à 30°.

Ile de Barren — La structure de l'Ile de Barren, située dans le Golfe du Bengale, par 12° 15′ de latitude, offre beaucoup d'analogie avec celle de Santorin, qui vient d'être décrite. Vue de l'océan, cette île présente, presque de toutes parts, une surface couverte de roches nues, s'élevant, en pente douce,

Fig. 73.

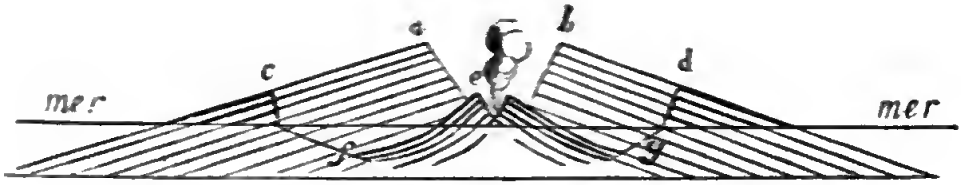


Cône et cratère de l'île de Barren, dans le Golfe du Bengale.— Hauteur du cône central, 1848 *pieds* (563m) (M. de Buch).

vers l'intérieur; mais, en un certain point, il se trouve une ouverture qui permet de pénétrer dans le centre, où l'on trouve un grand bassin circulaire rempli d'eau de mer, et entouré de tous côtés par des roches abruptes, au milieu desquelles s'élève un cône volcanique, très souvent en éruption. Le som-

met de ce cône a dix-huit cent quarante-huit pieds (563m) d'élévation, et cette hauteur correspond à celle du bord circulaire qui entoure le bassin, de sorte qu'on ne peut le voir de la mer qu'à travers le ravin. Il est extrêmement probable que la ceinture extérieure de l'Ile de Barren, *c, d* (Fig. 74), n'est composée que des débris d'un cône tronqué, *c, a, b, d*, dont une grande portion a été détruite, soit par suite d'enfoncissement, soit par l'effet des explosions qui précédèrent la formation du nouveau cône intérieur *f, e, g*.

Fig. 74.



Coupe supposée de l'île de Barren, dans le Golfe du Bengale.

Composition minérale des produits volcaniques. — Le feldspath forme en général plus de la moitié de la masse des laves modernes. Lorsqu'il s'y trouve en excès, les laves sont dites trachytiques; elles consistent alors, le plus ordinairement, en une base de feldspath compacte, dans lequel sont disséminés des cristaux de feldspath vitreux (*). Quand l'augite (ou pyroxène) do-

(*) Voyez le Glossaire, à la fin de la 4e partie de cet ouvrage.

mine, on dit que les laves sont basaltiques. Mais il en est d'autres dont la composition est intermédiaire, et qui sont, à cause de leur couleur, désignées sous le nom de *gray-stones* (pierres grises). L'abondance du quarz, en cristaux isolés ou en concrétions, caractérise les roches granitiques et diverses autres roches anciennes aujourd'hui généralement considérées par les géologues comme étant d'origine ignée, tandis que ce minéral se trouve rarement isolé dans les laves récentes, quoique la silice entre pour une grande part dans leur composition. L'amphibole, substance si commune dans les roches hypogènes qu'on désigne ordinairement sous la dénomination de roches « primaires, » est très rare dans la lave moderne; elle ne se rencontre pas non plus en grande proportion dans les roches, de quelque âge que ce soit, où le pyroxène abonde. Toutefois, d'après les expériences de M. Gustave Rose, il paraît fort douteux que l'amphibole et le pyroxène puissent être regardés comme des espèces distinctes, leurs diverses variétés semblant passer les unes aux autres, soit que l'on considère les caractères qui dérivent de leurs angles de cristallisation, soit que l'on ait égard à leur composition chimique, ou à leur pesanteur spécifique. La différence de forme des deux substances peut s'expliquer par les circonstances différentes sous lesquelles elles ont été produites; la forme de

l'amphibole résultant d'un refroidissement lent. On a quelquefois observé dans les scories des fourneaux des cristaux de pyroxène, mais on n'y a jamais trouvé de cristaux d'amphibole. Les premiers ont été obtenus en faisant fondre de l'amphibole dans un creuset de platine; mais ce dernier minéral n'a point encore été formé artificiellement (*). Le mica se rencontre en très grande abondance dans quelques trachytes récents, mais il se trouve rarement dans les roches où le pyroxène est en excès.

De la fréquence des éruptions, et de la nature des roches ignées souterraines. — Quand on parle des roches ignées de l'époque actuelle, il ne s'agit que de cette petite portion de matière qui, dans les éruptions violentes, est chassée par les fluides élastiques à la surface de la terre,— le sable, les scories et la lave, qui se refroidissent à l'air libre. Mais on ne peut pénétrer jusqu'à celle qui se solidifie à une grande profondeur dans l'intérieur du globe, sous une pression égale à celle de plusieurs centaines, ou même de plusieurs milliers d'atmosphères.

On cite, dans le courant du siècle dernier, près de cinquante éruptions qui ont eu lieu dans les cinq districts volcaniques de l'Europe,— le Vésuve, l'Etna, Vulcano, Santorin et l'Islande; mais il en est pro-

(*) Bull. de la Soc. Géol. de France, tome II, p. 206.

bablement un grand nombre qui se sont manifestées sous la mer, dans l'archipel Grec et dans le voisinage de l'Islande, sans qu'on en ait eu connaissance. Si quelques unes de ces éruptions n'ont point produit de lave, d'autres, au contraire, comme celle du Skaptaa-Jokul, en 1783, ont donné lieu, pendant cinq ou six années consécutives, à un écoulement de matière en fusion. Or, comme ces sortes d'éruptions ne comptent que pour une seule, elles compensent celles qui sont d'une moindre importance. D'un autre côté, si l'on admet que les volcans actifs de l'Europe forment environ le quart de ceux que l'on connaît à la surface du globe, et si l'on calcule qu'en moyenne leur activité égale à peu près celle des diverses montagnes ignivomes situées dans d'autres régions, on peut évaluer le nombre d'éruptions qui se produisent sur la terre à 2000 environ par siècle, ou à vingt par année.

Ainsi, quelque peu considérables que puissent être les roches superficielles que l'action du feu produit à la surface du globe, on doit supposer que les changements souterrains actuellement en voie de s'accomplir, d'une manière incessante, s'opèrent sur une très grande échelle. Les cônes volcaniques les plus élevés doivent paraître aussi insignifiants, lorsqu'on les compare aux produits du feu dans les régions souterraines, que le sont les couches déposées

dans des estuaires peu profonds, relativement aux formations sous-marines qui s'accumulent dans les abîmes de l'océan. Quant aux caractères des roches volcaniques qui de nos jours se produisent dans les entrailles de la terre, soit dans des crevasses et dans des cavernes, soit par suite du refroidissement de grandes nappes de lave fondue, on peut admettre en toute sûreté que ces roches sont plus denses, moins poreuses et plus cristallines que les laves ordinaires, bien qu'elles soient composées des mêmes substances minérales. Comme les cristaux les plus durs que nous obtenons artificiellement dans nos laboratoires sont ceux dont la formation exige le plus de temps, on doit supposer que là où le refroidissement de la matière en fusion s'opère insensiblement, dans le cours des siècles, il se produira un grand nombre de minéraux beaucoup plus durs qu'aucun de ceux qui se forment naturellement dans la courte durée des observations auxquelles il appartient à l'esprit humain de se livrer.

De plus, ces roches volcaniques souterraines ne peuvent être stratifiées de la même manière que les dépôts sédimentaires accumulés au sein des eaux, bien qu'il soit évident que, lorsque de grandes masses en fusion viennent à se consolider, elles peuvent se partager en divisions naturelles, ainsi qu'un grand nombre de courants de lave en présen-

tent l'exemple. On peut s'attendre aussi à ce que les roches en question soient souvent déchirées par des tremblements de terre, — ces phénomènes étant fréquents dans les régions volcaniques, — et à ce que les fissures soient souvent remplies de matière semblable à celle des formations qu'elles traversent, de sorte que des dykes de roche cristalline couperont des masses de composition identique. Il est évident aussi que de telles masses ne peuvent contenir des débris organiques, et que, considérées dans leur ensemble, ces formations ignées, situées à de grandes profondeurs, doivent être inférieures à toutes les strates qui renferment des restes organiques, parce que, d'une part, la chaleur se propage de bas en haut, et que, de l'autre, l'intensité de chaleur nécessaire pour amener les substances minérales à l'état de fluidité doit détruire tous les corps organiques des roches intercalées dans celles que nous considérons.

Si, par une suite continue de mouvements ascensionnels, ces masses finissent un jour par atteindre la surface, comme les strates marines sédimentaires ont, dans le cours des siècles, été élevées jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, on conçoit quels problèmes embarrassants s'offrent alors au géologue. Peut-être parviendra-t-il à étudier, dans quelque chaîne de montagne, les roches produites

à la profondeur de plusieurs milles au-dessous des Andes, de l'Islande, ou de Java, au temps de Leibnitz, et à en tirer des conséquences semblables à celles que ce philosophe a déduites de certains produits ignés d'une origine très ancienne; car il considérait notre globe comme ayant été, pendant une période indéfinie, à l'état de comète, sans eau, et n'étant alors habitable ni par des animaux aquatiques ni par des animaux terrestres.

CHAPITRE VI.

DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DE LEURS EFFETS.

Des tremblements de terre et de leurs effets. — De l'insuffisance des anciens récits. — Phénomènes atmosphériques ordinaires. — Changements produits par des tremblements de terre dans les temps modernes, considérés chronologiquement. — Tremblement de terre en Syrie, 1837. — Au Chili, 1837 et 1835. — L'île de Ste Maria élevée de dix pieds (3m environ). — Chili, 1822. — Etendue de la région soulevée. — Alep et Iles Ioniennes. — Tremblement de terre du Kotch en 1819. — Affaissement dans le Delta de l'Indus. — Ile de Sumbava en 1815. — Submersion de la ville de Tomboro. — Tremblement de terre de Caracas, 1812. — New Madrid en 1811. — Changements opérés dans la vallée du Mississipi. — Iles Aléoutiennes, 1806. — Réflexions sur les tremblements de terre du dix-neuvième siècle. — Tremblements de terre dans la province de Quito, à Québec, etc. — Java, 1786. — Affaissement de grandes étendues de pays. — Iles du Japon, 1783.

Dans l'esquisse que j'ai précédemment tracée des limites géographiques des régions volcaniques, je me suis attaché à établir que, bien que les points

d'éruption ne soient pas fort multipliés, et qu'ils n'embrassent que de très petits espaces sur la surface de ces vastes districts, les mouvements souterrains s'étendent pourtant sur d'immenses régions à la fois. Nous allons à présent considérer les changements que ces mouvements produisent, tant à la surface du globe que dans la structure intérieure de l'écorce terrestre.

Insuffisance des récits anciens par rapport à ces événements.—Ce n'est qu'à partir des cent cinquante dernières années, depuis que Hooke a fait connaître ses idées sur la corrélation des phénomènes géologiques et des tremblements de terre, que les changements permanents effectués par ces commotions ont éveillé l'attention générale. Auparavant, le récit de l'historien se bornait presque exclusivement à relater le nombre d'individus qui avaient péri, celui des villes dévastées, la valeur des propriétés détruites, ou certains phénomènes atmosphériques qui excitaient la surprise ou l'effroi des observateurs. La formation d'un lac nouveau, l'engloutissement d'une ville, ou l'apparition d'une île nouvelle, y sont, il est vrai, quelquefois indiqués, comme étant trop évidents, ou comme offrant un trop grand intérêt sous les rapports géographique ou politique, pour être passés sous silence. Mais aucune recherche n'était faite dans

le but de déterminer, soit la mesure de la dépression et de l'élévation du sol, soit les autres changements survenus dans la position relative de la mer et de la terre ferme; et l'on n'établissait que très peu de distinction entre l'exhaussement du sol produit par des déjections volcaniques, et son soulèvement dû à l'action des forces souterraines. La même remarque s'applique à un très grand nombre de récits modernes, et l'on doit d'autant plus regretter l'insuffisance des données qu'ils renferment, que chaque fois que les témoins oculaires de ces événements ont été animés d'un esprit de recherche scientifique, leurs observations ont révélé des faits capables de répandre quelque clarté sur les anciennes modifications qu'a subies la structure du globe.

Phénomènes qui accompagnent les tremblements de terre. — Comme je me bornerai presque exclusivement, dans ce chapitre et dans les deux suivants, à traiter des changements produits par les tremblements de terre dans la configuration de l'écorce du globe, je mentionnerai d'abord d'une manière générale, mais qui puisse pourtant nous dispenser d'y revenir, quelques unes des circonstances qui accompagnent ces terribles événements dont l'histoire nous retrace presque uniformément le souvenir. Je veux parler des irrégularités qu'on observe dans les sai-

sons qui précèdent ou suivent les secousses de tremblements de terre ; des coups de vent violents auxquels succèdent des calmes plats ; des fortes pluies qui tombent soit à des époques inaccoutumées, soit dans des régions où de tels phénomènes sont pour ainsi dire inconnus ; de la teinte rouge que prend le disque du soleil ; de l'obscurcissement qui se produit dans l'atmosphère, et se continue souvent pendant plusieurs mois ; des effluves électriques, du gaz inflammable, et des vapeurs sulfureuses et méphitiques qui se dégagent du sol ; des bruits souterrains qui ressemblent au roulement d'un chariot, à des décharges d'artillerie ou au grondement du tonnerre dans le lointain ; des cris d'alarme que poussent les animaux, et de la terreur qu'ils manifestent par suite de leur impressionnabilité au moindre mouvement du sol, bien plus grande que celle de l'homme ; enfin, de cette sensation analogue au mal de mer, et accompagnée de vertiges, que l'homme lui-même éprouve : — tous ces phénomènes, et d'autres qui se lient moins intimement encore à notre sujet considéré sous le point de vue géologique, s'étant reproduits mainte et mainte fois à des époques éloignées, et dans toutes les parties du globe.

Je commencerai l'énumération des tremblements de terre par les récits authentiques les plus récents. Ce mode d'étude rétrospective me permettra de placer

d'abord sous les yeux du lecteur les détails circonstanciés des phénomènes qui ont eu lieu dans les temps modernes, de manière qu'il puisse juger, d'après l'énorme quantité de changements survenus pendant ces cent cinquante dernières années, combien doivent être incomplètes les annales des temps anciens.

TREMBLEMENTS DE TERRE DU DIX-NEUVIÈME SIÈCLE (*).

Syrie, janvier 1837. — On a remarqué que les tremblements de terre se propagent suivant une direction longitudinale. La secousse violente qui ra-

(*) Depuis que la première édition de cet ouvrage a paru, un grand nombre de récits de tremblements de terre récents ont été publiés; mais comme ils ne présentent, en principe, rien de nouveau, je pourrai sans inconvénient me dispenser de les rapporter tous ici, parce qu'ils agrandiraient trop le cadre de mon ouvrage. Parmi les plus violentes de ces catastrophes, je citerai néanmoins celle qui eut lieu en mars 1829, près d'Alicante, dans le royaume de Murcie; — le tremblement de terre que l'on ressentit au mois de septembre 1827, à Lahor, dans les Indes Orientales; — celui qui, le 15 janvier 1832, détruisit presque entièrement la ville de Foligno en Italie; — celui du 24 juin 1830, dans le département de Taï-ming, au nord du district de Hoan, en Chine; — celui du 9 mars 1830, à Kisliar, dans le Caucase; — celui qui eut lieu à Manille, en avril 1833; — et enfin celui qui se manifesta, dans le cours de la même année, à Opus, et dans l'Ile de Lissa (Mer Adriatique). Feu M. de Hoff a publié, dans les Annales de Poggendorf, plusieurs listes des tremblements de terre qui ont eu lieu de 1821 à

vagea la Syrie, en 1837, fut ressentie sur une ligne de cinq cents milles (181 l.) de long, et de quatre-vingt-dix (32 l.) de large (*) : plus de six mille personnes périrent, des fissures profondes se produisirent dans des roches solides, et de nouvelles sources chaudes jaillirent à Tabariéh.

Chili, — *Valdivia*, 1837. — Un des tremblements de terre les plus violents qui aient altéré d'une manière permanente la position d'une certaine étendue de terre ferme, est celui que l'on ressentit au Chili, le 7 novembre 1837. Ce jour-là, Valdivia fut détruite par un tremblement de terre, et un navire baleinier, commandé par le Capitaine Coste, éprouva en mer une forte secousse; il fut démâté, par 43° 38′ de latitude sud, en vue de terre. Le 11 décembre suivant, ce même capitaine, se trouvant en un point voisin de l'île de Lemus, dans l'archipel des Chonos, où il avait jeté l'ancre deux ans auparavant, reconnut que le fond de la mer avait été élevé de plus de huit pieds ($2^m,4$). Quelques rochers, autrefois couverts en tous temps par la mer,

1836. En jetant un coup d'œil sur ces listes, le lecteur verra que chacun des mois dont se compose la période qu'elles embrassent est signalé par une ou par plusieurs convulsions dans quelque point du globe.

(*) Darwin, Geol. Proceedings, vol. II, p. 658.

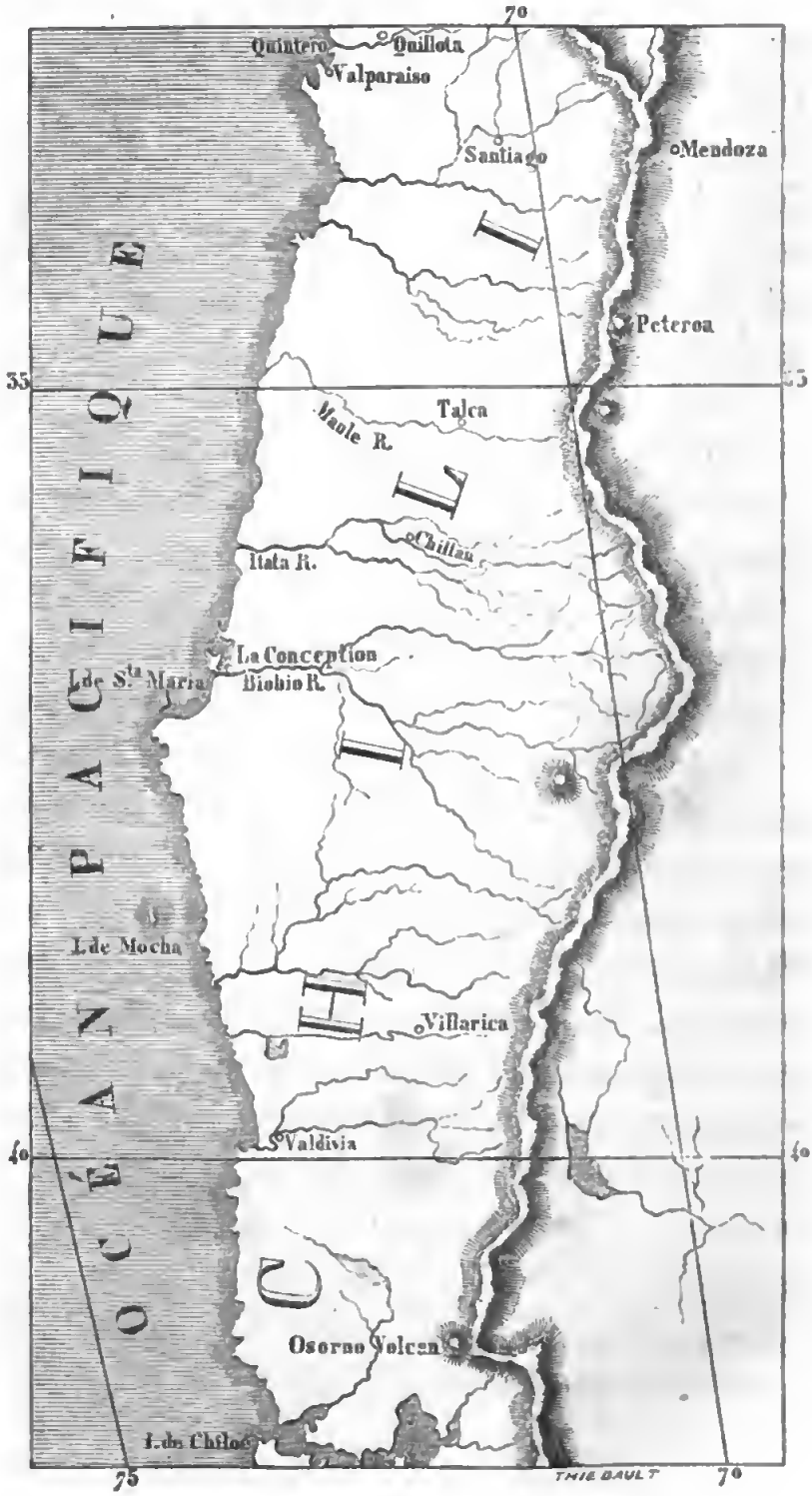
étaient alors constamment à nu, et une énorme quantité de coquillages et de poissons en état de décomposition, que les vagues avaient accumulés en cet endroit, ou qui avaient été mis subitement à sec au moment du tremblement de terre, attestaient la date récente de l'événement. Toute la côte était couverte d'arbres déracinés (*).

Chili. — La Conception, 1835. — Nous avons des détails encore plus circonstanciés sur les changements géographiques qui se sont produits dans la même contrée le 20 février 1835. Un tremblement de terre se fit sentir à cette époque sur tous les points compris, du nord au sud, entre Copiapo et Chiloé, et de l'est à l'ouest, depuis Mendoza jusqu'à Juan-Fernandez. « Des vaisseaux, » dit M. Caldcleugh, « naviguant dans la Mer Pacifique, à cent milles (36 l.) de la côte, en ressentirent un choc d'une extrême violence (**). » La Conception, Talcahuano, Chillan et plusieurs autres villes furent renversées. Le récit du Capitaine Fitz-Roy, de la marine royale, qui faisait alors le relèvement de la côte, nous apprend qu'après le choc la mer se retira dans la Baie de La Conception, et que les vaisseaux,

(*) Dumoulin, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Oct. 1838, p. 706.

(**) Phil. Trans. 1836, p. 21.

Fig. 75.


70
Quintero
Quillota
Valparaiso
Santiago
Mendoza
Peteroa
35
Talca
Maule R.
Chillan
Itata R.
La Conception
I. de Sta Maria
Biobio R.
I. de Mocha
Villarica
Valdivia
40
Osorno Volcan
I. de Chiloe
75
THIE BAULT
70

même ceux qui se trouvaient par sept brasses d'eau, échouèrent; tous les hauts-fonds devinrent visibles, et, bientôt après, une vague se précipita sur le rivage, mais pour s'en éloigner immédiatement; celle-ci fut suivie de deux autres. La hauteur verticale de ces vagues ne paraît pas avoir dépassé de beaucoup seize ou vingt pieds ($4^m,8$ et 6^m), quoiqu'elles s'élevassent bien davantage quand elles venaient briser sur un rivage en pente.

Suivant MM. Caldcleugh et Darwin, toute la chaîne volcanique des Andes du Chili, qui s'étend sur une longueur de cent cinquante milles (54 l.), fut dans un état d'activité inaccoutumée au moment des secousses et pendant quelque temps avant et après la convulsion; on vit aussi des laves s'échapper du cratère d'Osorno. (Voy. la carte, pl. 75.) L'île de Juan-Fernandez, située à 365 milles géographiques du Chili, ressentit au même moment un choc violent, et fut ravagée par une grande vague. Un volcan sous-marin fit éruption en ce point, près de Bacalao Head, à un mille environ du rivage, et à soixante-neuf brasses au-dessous de la surface des eaux : la lueur en éclaira toute l'île pendant la nuit (*).

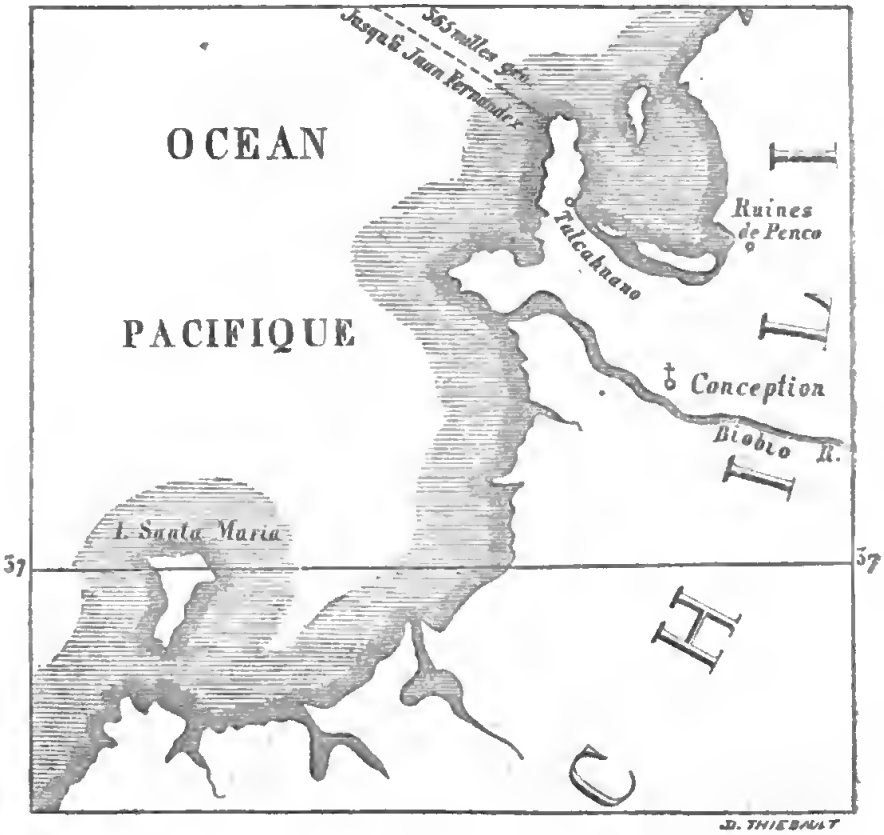
« A La Conception, » dit le Capitaine Fitz-Roy,

(*) Phil. Trans. 1836, p. 25.

« la terre s'ouvrit et se referma subitement en plusieurs endroits. La direction des fentes n'était pas uniforme, quoique généralement elle s'étendît du S.-E. au N.-O. La terre fut agitée pendant trois jours après la grande secousse, et l'on compta plus de 300 chocs entre le 20 février et le 4 mars. Le sol meuble de la vallée du Biobio fut séparé des roches solides qui bornent la plaine, par une fissure d'un pouce à un pied (de 25^{mm} à 0^{m},3) de large. »

« Pendant plusieurs jours après le 20 février, » dit le Capitaine Fitz-Roy, « il s'en fallut de quatre ou cinq pieds (1^{m},2 et 1^{m},5), mesurés dans le sens de la verticale, que la mer, à Talcahuano, n'atteignît les marques qu'elle affleurait ordinairement. Partout sur le rivage on apercevait, même au moment de la haute mer, des lits de mussels morts, des chitons, des lépas et du varech desséché; quoique morts, ces animaux et ces plantes adhéraient encore aux rochers sur lesquels ils avaient vécu. » Mais cette différence dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer diminua peu à peu, et, dans le milieu d'avril, l'eau n'était plus qu'à deux pieds (0^{m},6) au-dessous de l'ancienne marque des hautes eaux. On pourrait supposer que ces changements de niveau indiquaient simplement une altération momentanée dans le régime des courants ou dans la hauteur des marées à Talcahuano; mais, en consi-

Fig. 76.



dérant ce qui arriva dans l'île voisine de Ste Maria, le Capitaine Fitz-Roy conclut que la terre ferme avait été élevée de quatre ou cinq pieds (1m,2 et 1m,5) en février, et que, par un mouvement rétrograde éprouvé en avril, elle s'était retrouvée à deux ou trois pieds seulement de son ancien niveau.

L'île de Ste Maria, dont nous venons de parler,

a environ sept milles (2 $\frac{1}{3}$ l.) de long sur deux ($\frac{2}{3}$ de l.) de large, et se trouve à près de vingt-cinq milles (9 l.) S.-O. de La Conception. (Voyez la planche fig. 76.) Les phénomènes qui y furent observés sont de la plus grande importance. « L'extrémité méridionale de l'île, » dit le Capitaine Fitz-Roy, qui visita Sta Maria deux fois, la première à la fin de mars, et l'autre au commencement d'avril, « me parut avoir été élevée de huit pieds (2^m,4), le milieu de neuf pieds (2^m,7), et l'extrémité septentrionale de plus de dix pieds (3^m,04). On trouva sur des rochers escarpés, où des mesures verticales pouvaient être prises avec exactitude, des lits de mussels morts à dix pieds (3^m,04) au-dessus de la marque des hautes eaux. Un pied (0^m,3) au-dessous du lit de mussels le plus élevé, on voyait quelques lépas et quelques chitons adhérant à la roche où ils avaient vécu. A un pied (0^m,3) encore plus bas, des chitons, des lépas et des mussels morts se trouvaient en très grande abondance.

» Un haut-fond rocheux, d'une certaine étendue, entoure les parties septentrionales de Sta Maria. Avant le tremblement de terre, ce haut-fond était couvert par la mer, et ne laissait apercevoir que quelques rocs saillants; aujourd'hui, il se trouve entièrement à nu, et, sur plusieurs acres carrés, le sol est jonché de coquillages morts qui exhalent une

odeur infecte. Par suite de cette élévation du sol, le port méridional de Ste Maria a été presque entièrement détruit; et, outre qu'il n'offre plus le même abri qu'autrefois, son abord est devenu très difficile. On a reconnu aussi que la profondeur de la mer voisine avait diminué exactement de la quantité dont la terre ferme s'était élevée, les sondes ayant donné une brasse et demie de moins tout autour de l'île.

A Tubal, aussi, au sud-est de Ste Maria, la terre ferme a été élevée de six pieds (1m,8); à Mocha; de deux pieds (0m,6); mais à Valdivia on n'a pu constater aucun exhaussement.

Parmi plusieurs autres effets de la catastrophe en question, on rapporte que des bestiaux qui étaient sur une pente escarpée, près du rivage, furent précipités dans la mer, et que d'autres, qui se trouvaient dans la plaine, furent entraînés par la grande vague et noyés (*).

En novembre de la même année (1835), un fort tremblement de terre eut lieu à La Conception, et le même jour, le volcan d'Osorno, situé à la distance de 400 milles (145 l.), reprit son activité. Or, ces faits ne prouvent-ils pas la corrélation des tremblements de terre avec les éruptions volcaniques

(*) Darwin's Journ. of Travels in South America, in voyage of H. M. ship Beagle (Voyage du Beagle dans l'Amérique du Sud, journal de Darwin), p. 372.

dans cette région, et ne font-ils pas voir aussi sur quelle vaste étendue souterraine la cause qui produit ces phénomènes agit simultanément?

Ischia, 1828. — Le 2 février, l'île d'Ischia tout entière fut ébranlée par un tremblement de terre, et, au mois d'octobre suivant, je trouvai à Casamicciola toutes les maisons encore sans toits. Sur les côtés d'un ravin, entre cette ville et Forio, je vis des masses de tuf verdâtre qui y avaient été précipitées ; et M. Covelli a constaté que la température de la source chaude de Rita, qui se trouvait très près du centre du mouvement, s'était élevée ; — circonstance d'où il a conclu que l'explosion avait eu lieu au-dessous des réservoirs qui échauffent les eaux thermales (*).

Bogota, 1827. — Le 16 novembre 1827, la plaine de Bogota, dans la Nouvelle-Grenade, ou Colombie, fut bouleversée par un tremblement de terre, et un grand nombre de villes furent renversées. Des torrents de pluie gonflèrent la Magdalena, et entraînèrent avec eux d'énormes quantités de sable, ainsi que d'autres matières qui émettaient des vapeurs sulfureuses et faisaient périr le poisson. Popayan,

(*) Biblioth. Univ., Oct. 1828, p. 157, et Férussac, Bulletin, etc., tome XI, p. 227.

située à 200 milles géographiques S.-S.-O. de Bogota, fut aussi extrêmement maltraitée; et de larges crevasses, qu'on voyait sur le chemin de Guanacas, ne permettaient pas de douter que la chaîne entière des Cordillières n'eût éprouvé un choc violent. D'autres fissures furent produites près de Costa, dans les plaines de Bogota, où la rivière Tunza se mit à couler immédiatement (*). Il est à remarquer que, dans tous les exemples de ce genre, l'ancien lit de gravier d'une rivière est abandonné, et qu'il s'en forme un autre à un niveau plus bas; de sorte que le défaut de concordance entre la position des couches alluviales et celle des cours d'eau actuels ne prouve nullement la grande ancienneté de ces dépôts, du moins dans les régions qui sont habituellement bouleversées par des tremblements de terre. Des pluies extraordinaires accompagnèrent les secousses dont nous avons parlé tout-à-l'heure, et l'on assure que deux volcans firent éruption dans la chaîne de montagnes la plus rapprochée de Bogota.

Chili, 1822. — Le 19 novembre 1822, la côte du Chili fut ravagée par un tremblement de terre effroyable. Le choc fut ressenti simultanément sur une étendue de 1200 milles (4351.), du nord au sud.

(*) Phil. Mag. Juillet, 1828, p. 37.

Santiago, Valparaiso, et quelques autres lieux, furent horriblement maltraités. Lorsque le matin du jour qui suivit la catastrophe on visita les environs de Valparaiso, on reconnut que la côte, sur un espace considérable, était élevée au-dessus de son ancien niveau (*). A Valparaiso, l'exhaussement était de trois pieds ($0^m,9$), et à Quintero, de quatre ($1^m,2$) à peu près. Une partie du lit de la mer, dit Mme Graham, restait à sec au moment des hautes eaux; de sorte qu'on apercevait « des bancs d'huîtres, des mussels et divers coquillages adhérant aux rochers sur lesquels ils avaient vécu; le poisson, dont la totalité avait péri, exhalait des miasmes putrides (**). »

Un vieux débris de vaisseau échoué, dont auparavant on ne pouvait pas approcher, devint accessible de la côte, quoique sa distance de l'ancien rivage n'eût point changé (***). On observa aussi qu'un cours d'eau qui alimentait un moulin, situé à près d'un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) de la mer, avait gagné quatorze pouces ($0^m,35$) de chute sur une étendue d'un peu plus de cent mètres; et l'on a conclu de ce fait que l'élévation avait été beaucoup plus considé-

(*) Voyez Géol. Trans., vol. I. 2e Série; et le Journ. of Sci., 1824, vol. XVII. p. 40.

(**) Geol. Trans., vol. I. 2e Série, p. 415.

(***) Idem.

rable dans quelques parties de l'intérieur, que sur les bords de l'océan (*). Une portion de la côte ainsi soulevée était formée de granit; il s'y produisit des fissures parallèles, dont quelques unes s'étendirent jusqu'à un mille et demi ($\frac{1}{2}$ l.) dans l'intérieur du pays. Des cônes de terre d'environ quatre pieds ($1^m,2$) de hauteur, s'élevèrent dans plusieurs districts, par suite du jaillissement d'eau mêlée de sable qui s'échappa à travers des cavités en forme d'entonnoir; — phénomène très ordinaire dans la Calabre, et dont plus loin nous essaierons de donner l'explication. Au Chili, les maisons dont les fondations reposaient sur le roc furent moins endommagées que celles qui étaient bâties sur le sol alluvial.

J'ai appris de M. Cruckshanks, botaniste Anglais, qui résidait dans le pays au moment du tremblement de terre, qu'à Quintéro, distant de quelques centaines de mètres du rivage, plusieurs roches de grunstein, qui avaient toujours été sous l'eau jusqu'à la secousse de 1822, sont, depuis, devenues visibles quand la marée atteint la moitié de sa course descendante. Le même observateur rapporte qu'après le tremblement de terre, l'opinion générale des pêcheurs et des habitants de la côte du Chili, était

(*) Journ. of Sci, vol. XVII. p. 42.

non que le sol avait été élevé, mais que l'océan s'était retiré d'une manière permanente.

Un voyageur Prussien, le Docteur Meyen, qui visita Valparaiso en 1831, dit qu'en examinant les rochers situés tant au nord qu'au sud de la ville, neuf ans après l'événement, il trouva, conformément au récit de Mme Graham, que des débris d'animaux et de la plante marine désignée sous le nom de *Lessonie* de M. Bory de Saint-Vincent, et dont la tige est ferme et ligneuse, adhéraient encore aux rochers qui, en 1822, avaient été élevés au-dessus de la marque des hautes eaux (*). Suivant le même auteur, toute la côte du Chili central fut exhaussée d'environ quatre pieds (1m,2), et des bancs de coquilles marines furent mis à sec sur plusieurs parties du rivage. Il observa des bancs semblables, soulevés à des époques que l'on ne connaît point, en plusieurs lieux, principalement à Copiapo, où toutes les espèces sont analogues à celles qui vivent aujourd'hui dans l'océan. M. Freyer, qui résida pendant plusieurs années dans l'Amérique du Sud, a confirmé aussi ces diverses observations (**); mais M. Cu-

(*) Reise um die erde. Voyez aussi la lettre du Dr Meyen, citée dans la Foreign Quart. Rev. (Revue Trimestrielle Étrangère), No 33. p. 13. 1836.

(**) Geol. Soc. Proceedings, No 40. p. 179, Février 1835.

ming, bien connu par ses nombreuses découvertes en conchyliologie, et qui a habité Valparaiso pendant et après le tremblement de terre, n'a pu retrouver aucune preuve de l'élévation du sol ni aucun indice d'un changement de niveau. Il a constaté, au contraire, que l'eau, au moment des grandes marées, s'élevait, après le tremblement de terre, au même point, sur un mur voisin de sa maison, que celui auquel elle atteignait avant la catastrophe (*). D'un autre côté, M. Darwin a reconnu que les débris d'un ancien mur, autrefois baigné par la mer, et maintenant à onze pieds et demi ($3^m,5$) au-dessus de la marque des hautes eaux, avaient acquis une grande partie de cette élévation pendant le tremblement de terre de 1822 (**).

Les secousses continuèrent jusqu'à la fin de septembre 1823; à cette époque encore, quarante-huit heures se passaient rarement sans qu'un, et même quelquefois deux ou trois chocs se fissent sentir dans l'espace de vingt-quatre heures. Mme Graham a observé, après le tremblement de terre de 1822, qu'indépendamment du rivage nouvellement élevé au-dessus de la marque des hautes eaux, il y avait plusieurs lignes de rivage plus anciennes et disposées les unes au-dessus des autres; elles consis-

(*) Cuming, Geol. Proceedings, N° 42. p. 213.
(**) Proceedings Geol. Soc., vol. II. p. 447.

taient en galets mêlés de coquilles, et s'étendaient dans une direction parallèle à la côte, jusqu'à la hauteur de cinquante pieds (15^{m}) au-dessus de la mer (*).

Étendue de la région soulevée. — Quelques observateurs ont supposé que toute la région qui s'étend depuis le pied des Andes jusqu'à une grande distance sous la mer avait été exhaussée en 1822, et que la plus grande élévation avait eu lieu à plus de deux milles ($\frac{2}{3}$ l.) du rivage. « Sur la côte, le soulèvement fut de deux à quatre pieds (61^{c} et 1^{m},2) : — à la distance d'un mille ($\frac{1}{3}$ de l.) dans l'intérieur des terres, il doit avoir été de cinq à six, ou même de sept pieds (1^{m},5 — 1^{m},8 — et 2^{m},1) (**). » Les personnes qui furent témoins du phénomène, ont aussi supposé que l'espace sur lequel s'opéra ce changement permanent de niveau pouvait être estimé à 100,000 milles carrés (13,114 lieues carrées). Quoique l'augmentation de la chute de certains cours d'eau suffise, jusqu'à un certain point, pour donner lieu à une telle conjecture, elle doit, néanmoins, être regardée comme très hypothétique, l'évaluation pouvant s'écarter beaucoup, soit en plus, soit en moins, de la vérité. Toutefois, il im-

(*) Geol. Trans., vol. I. 2e Série, p. 415.
(**) Journal of Sci., vol. XVII. p. 40 et 45.

porte de considérer quelle énorme quantité de changements cette seule convulsion dut occasionner, si réellement l'étendue de pays soulevé fut de 100,000 milles carrés (13,114 l. carr.); — étendue précisément égale à la moitié de celle qu'occupe la France, ou aux cinq sixièmes de l'espace que comprend la Grande-Bretagne unie à l'Irlande. Si l'on suppose qu'en moyenne l'élévation n'a été que de trois pieds (91c), on trouve que la masse de roche ainsi ajoutée au continent d'Amérique, ou, en d'autres termes, que la masse qui, avant le tremblement de terre, était au-dessous du niveau de la mer, et qui, après, s'est trouvée d'une manière permanente au-dessus, doit avoir présenté un volume de 57 milles cubes (2,7 lieues cubes); ce qui suffirait pour former une montagne conique de deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) de hauteur, c'est-à-dire, une montagne à peu près aussi élevée que l'Etna, et ayant environ trente-trois milles (près de 12 l.) de circonférence à sa base. On peut estimer la pesanteur spécifique moyenne de la roche à 2,655, — moyenne assez exacte et fort commode dans de telles évaluations, parce qu'à ce taux un yard cube (0,7645 mètre cube) pèse deux tonneaux. Si l'on admet que la grande pyramide d'Égypte, considérée comme une masse sans vides intérieurs, pèse, suivant une estimation qui a été déjà donnée, six millions de ton-

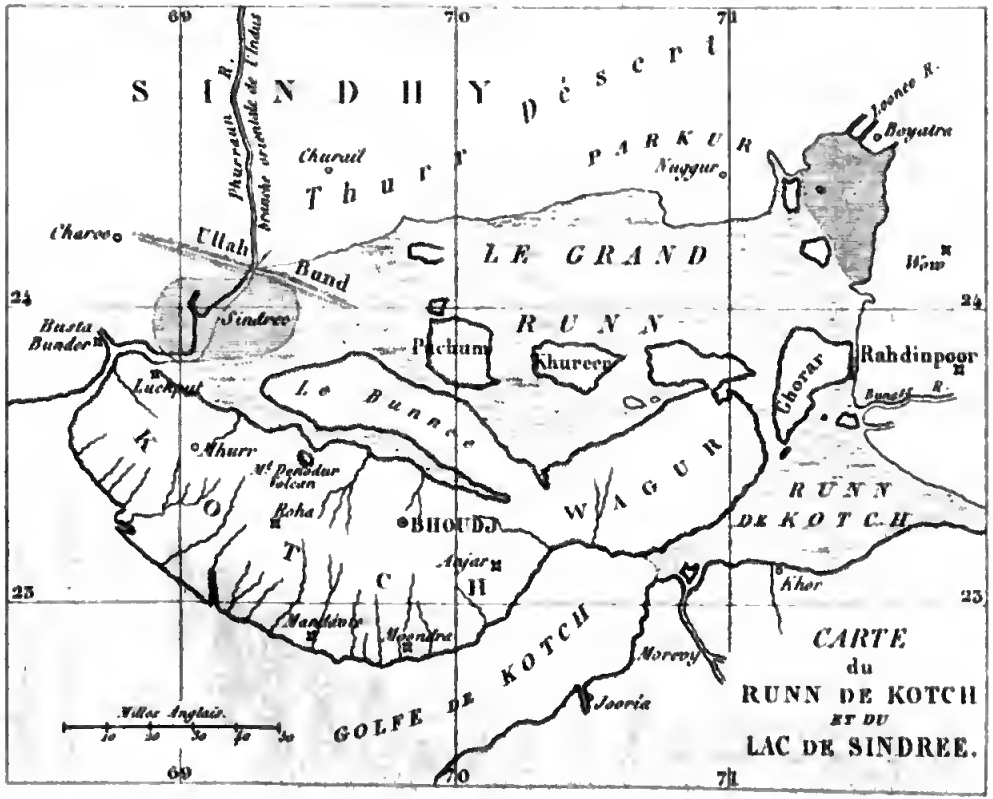
neaux, on arrive à cette conséquence, que la quantité de roche ajoutée au continent par le tremblement de terre du Chili a surpassé 100,000 pyramides.

Mais on ne doit pas perdre de vue que le poids de la roche dont il est ici question ne formait qu'une partie insignifiante de la somme entière de la résistance que les forces volcaniques avaient à surmonter. L'épaisseur totale de la roche comprise entre la surface du sol, au Chili, et les foyers souterrains de l'action volcanique, peut être de plusieurs milles ou de plusieurs lieues. Supposons que cette épaisseur ne soit que de deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) ; alors le volume de la masse qui s'est déplacée et élevée de trois pieds (91c) sera encore de 200,000 milles cubes (9,496 lieues cubes), et par conséquent son poids excédera celui de 363 millions de pyramides.

Il serait assez curieux de considérer les rapports qui existent entre ces résultats et ceux qui proviennent d'une source différente, et de comparer l'action de deux forces antagonistes, — le pouvoir de nivellement de l'eau courante, et la force d'expansion de la chaleur souterraine. Quel laps de temps, pourra-t-on demander, le Gange mettrait-il à transporter à la mer une quantité de matière solide égale à celle qui peut avoir été ajoutée au continent par le tremblement de terre du Chili? Le limon que le Gange charrie annuellement équivaut au poids

Digitized by Google

Moultan
Indus
Curra R.
Outch
Rokunpoor
Shakarpoor
Bukkur
Joculmeer
Ajmeer
Schwin
SINDHY
Haiderabâd
Delta de l'Indus
Bouches de l'Indus
Lonee R.
Bunnee R.
Bhooj
G. de Kotch
GOUDJERATE
Cambaye
Barotch
Joonaghur
Seorut
G. de Cambaye
BOMBAY
Poonah
La ligne ponctuée a.a. indique un canal accidentel où coule l'Indus pendant ses débordements.


SINDHY pèsert
Phurraun R.
branche occidentale de l'Indus
Churail
Thur
PARKUR
Nuggur
Loonee R.
Boyatre
Charee
Ullah Bund
LE GRAND RUNN
Wow
Sindree
Busta Bunder
Pachum
Khureen
Rahdinpoor
Lukput
Le Bunnee
Chorar
Bunnee R.
Ahurr
Mt Pendar volcan
Roha
BHOUJ
WAGUR
RUNN DE KOTCH
Anjar
Khor
Mandvie
Mundra
Morvey
Jooria
GOLFE DE KOTCH
Milles Anglais
CARTE du RUNN DE KOTCH ET DU LAC DE SINDREE.

de soixante pyramides. Suivant cette proportion, il faudrait dix-sept siècles et demi pour que ce fleuve entraînât du continent dans la mer une masse égale à celle qui fut produite par le tremblement de terre en question. Or la moitié de ce laps de temps suffirait pour que les eaux réunies du Gange et du Barrampooter opérassent un résultat semblable.

Alep, 1822. — *Iles Ioniennes*, 1820. — Lorsqu'Alep fut détruit par un tremblement de terre en 1822, deux rochers, dit-on, sortirent de la mer près de l'île de Chypre (*); et en 1820, à la suite de tremblements de terre violents, une nouvelle île rocheuse avait été observée à peu de distance de la côte de Ste-Maure, une des Iles Ioniennes (**).

Le Kotch, 1819. — Un tremblement de terre violent se fit sentir au Kotch, dans le delta de l'Indus, le 16 juin 1819. (Voyez la carte, pl. X.), Bhoudj, la ville principale de cette contrée, fut transformée en un amas de ruines, il n'y resta pas pierre sur pierre. Le choc s'étendit jusqu'à Ahmed-Abad, où il occasionna de grands ravages; mais à Poonah, à quatre cents milles (145 l.) plus loin,

(*) Journ. of Sci., vol. XIV, p. 450.
(**) De Hoff, vol. II, p. 180.

on le ressentit à peine. Dans la première de ces villes, la grande mosquée érigée par le sultan Achmet, près de 450 ans auparavant, fut renversée — circonstance qui prouve quel long intervalle de temps s'était écoulé depuis qu'une secousse aussi violente avait eu lieu en ce point. A Anjar, le fort avec sa tour et ses canons furent renversés aussi et confondus en un seul monceau de ruines. Les secousses continuèrent pendant quelques jours; mais le 20, le volcan appelé Denodur, et situé à trente milles (près de 11 l.) N.-O. de Bhoudj, ayant, dit-on, fait éruption, les convulsions cessèrent.

Dépression dans le delta de l'Indus. — Quelque considérables que fussent les ravages exercés dans les villes, l'aspect de la contrée, dans l'intérieur des terres, n'avait pas, dit le Capitaine Macmurdo, subi d'altération sensible. Dans les collines, quelques grandes masses de roche et de terre furent détachées des précipices; mais le canal oriental, et presque abandonné de l'Indus, qui sert de limite à la province du Kotch, éprouva un changement notable. Ce petit golfe était, avant le tremblement de terre, guéable à Luckput, n'ayant environ qu'un pied ($0^m,30^c$) de profondeur à la basse mer, et jamais plus de six ($1^m,83$) à la haute mer; mais, après l'événement, sa profondeur

SINDRÉE.

Sur la branche orientale de l'Indus.

Avant sa submersion par suite du tremblement de terre de 1819

D'après un dessin fait sur les lieux, par le capitaine Grindlay en 1808

devint, au fort de Luckput, de plus de *dix-huit pieds au moment des basses eaux* (*). En sondant d'autres parties du canal, on trouva qu'en différents points où auparavant l'eau ne s'élevait jamais de plus d'un ou deux pieds ($0^m,3$, et $0^m,6$) à la haute mer, sa profondeur était alors de quatre à dix pieds ($1^m,2$ et 3^m). Par suite de ces changements de niveau et de quelques autres non moins remarquables, une partie de la navigation intérieure de cette contrée qui avait été interceptée pendant plusieurs siècles, redevint praticable.

Fort et village submergés (**).— Le même auteur rapporte que le fort et le village de Sindree, situés sur le bras oriental de l'Indus, au-dessus de Luckput, furent inondés, et qu'après le tremblement de

(*) Macmurdo, Ed. Phil. Journ. vol. IV. p. 106.

(**) Je suis redevable au Capitaine aujourd'hui Col. Sir A. Burnes, de la gravure (planche XI), représentant le fort de Sindree, tel qu'il existait onze ans avant le tremblement de terre; mais le Capitaine Grant, ainsi que plusieurs autres personnes qui connaissent parfaitement les lieux, m'ont assuré que le terrain introduit par l'artiste dans le fond du tableau est tout-à-fait idéal, car la plaine unie du Runn pourrait seule s'apercevoir à perte de vue dans cette direction. Le mirage, phénomène si ordinaire en ce lieu, est probablement la cause des inégalités apparentes que présente le sol dans ce croquis.

terre, on ne voyait plus au-dessus de l'eau que le mur et le sommet des maisons ; car celles-ci, quoique submergées, ne furent pas renversées. Si donc elles avaient été situées dans l'intérieur, où tant de forts furent rasés, leur emplacement aurait pu être considéré comme n'ayant, comparativement, point subi de changement. Cela ne donne-t-il pas à supposer que les grands soulèvements et abaissements permanents du sol peuvent être le résultat de secousses souterraines, sans que les habitants des lieux où se passent ces événements, s'aperçoivent en aucune manière d'un changement de niveau ?

Une reconnaissance plus récente du Kotch, faite par le Capitaine A. Burnes, qui n'avait eu aucune relation avec le Capitaine Macmurdo, a corroboré les faits ci-dessus mentionnés, et a même permis d'y ajouter plusieurs détails importants (*). Cet officier visita le delta de l'Indus en 1826 et en 1828, et, d'après son rapport, il paraît qu'au moment où, en juin 1819, l'abaissement de Sindree eut lieu, la mer se fit jour à travers la bouche orientale de l'Indus, et en peu d'heures transforma une étendue de terre, de 2000 milles carrés (262 lieues carrées) en une mer intérieure ou lagune. Ni la violence avec

(*) Ce Mémoire se trouve actuellement à la Bibliothèque de la Société royale Asiatique de Londres.

laquelle la mer se précipita dans cette nouvelle dépression, ni le mouvement produit par le tremblement de terre, ne renversèrent entièrement le petit fort de Sindree; une des quatre tours, celle du nord-ouest, resta debout; et le jour qui suivit le tremblement de terre, les personnes qui étaient montées au sommet de cette tour se sauvèrent en bateau (*).

Élévation de l'Ullah Bund. — Immédiatement après la secousse, les habitants de Sindree virent, à la distance de cinq milles et demi (près de 2 l.) de leur village, un monticule allongé et assez élevé, en un point où auparavant se trouvait une plaine basse et parfaitement unie. (Voyez la carte, pl. X). Ils lui donnèrent le nom de « Ullah Bund, » ou « Monticule de Dieu », pour le distinguer de plusieurs môles qui, avant la catastrophe, avaient été élevés sur le bras oriental de l'Indus.

Étendue de la région soulevée. — Il a déjà été établi que cette région nouvellement soulevée a *plus de cinquante milles* (18 l) de longueur de l'est à l'ouest, dans une direction parallèle à la ligne d'af-

(*) Des rapports directs avec le Capitaine Burnes m'ont mis à portée d'ajouter plusieurs particularités au premier récit que j'avais donné de ce tremblement de terre.

faissement dont nous avons déjà parlé, et qui occasionna la submersion des terres voisines de Sindree. L'espace soulevé s'étend depuis l'île Puchum jusque près de Gharee ; et sa largeur, du nord au sud, est, à ce que l'on croit, de seize milles ($5\frac{3}{4}$ l.) en quelques parties; quant à sa hauteur, la plus grande que l'on ait constatée est de dix pieds (3^m) au-dessus du niveau primitif du delta — élévation qui, à l'œil, paraît partout uniforme.

Pendant plusieurs années après la commotion de 1819, le cours de l'Indus fut sujet à beaucoup de dérangements ; enfin, en 1826, ce fleuve déversa une masse d'eau considérable dans une de ses branches, — le bras oriental qu'on désigne sous le nom de Phurraun, — au-dessus de Sindree ; puis, continuant sa course en ligne plus directe jusqu'à la mer, il franchit tous les barrages qui avaient été placés dans son canal, et finit par se faire jour à travers « l'Ullah Bund », ce qui donna lieu à une section naturelle. Le Capitaine Burnes reconnut dans les falaises perpendiculaires mises ainsi à découvert, que les terrains soulevés consistaient en argile remplie de coquilles. Le nouveau lit de la rivière avait dix-huit pieds ($5\frac{1}{2}$ ^{m}) de profondeur, et quarante mètres de largeur, à l'endroit où il traversait le « Bund » ; mais en 1828 il s'agrandit encore. Lorsque l'Indus se fraya ce passage, il déchargea une telle quantité

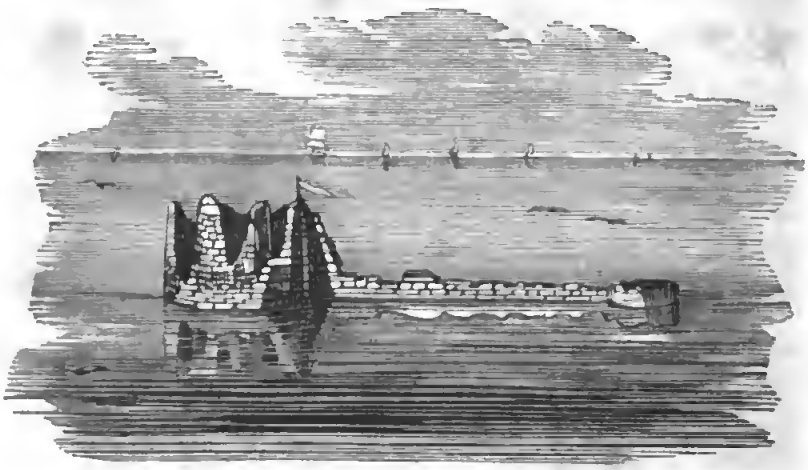
d'eau dans le nouveau lac, ou lagune salée de Sindree, que celle-ci devint douce pendant plusieurs mois; mais elle avait recouvré sa salure en 1828, époque où le déversement des eaux du fleuve fut moins considérable, et elle finit par devenir plus salée que la mer elle-même, — circonstance qui, suivant le témoignage que les naturels du pays rendirent au Capitaine Burnes, devait être attribuée aux particules salines dont le «Runn de Kotch» est imprégné.

En 1828, le Capitaine Burnes se rendit en bateau aux ruines de Sindree, où une seule tour restait visible au milieu d'une vaste étendue de mer. Le sommet des murs en ruine s'élevait encore de deux ou trois pieds (0m61 et 0m91) au-dessus du niveau des eaux. Placé sur une de ces ruines, il n'apercevait dans l'horizon rien autre que de l'eau, excepté dans une seule direction, où une bande bleuâtre de terre indiquait vers le nord l'Ullah Bund. Cette scène présente à l'imagination une peinture exacte des révolutions actuellement en voie de s'accomplir à la surface du globe: — un amas d'eaux où peu d'années auparavant tout était terre, et la seule terre visible consistant en un espace soulevé pendant une commotion souterraine récente.

Dix ans après le voyage du Capitaine Burnes à

Sindree, mon ami, le Capitaine Grand, membre de la Société Géog. des Ingénieurs de Bombay, eut l'obligeance d'envoyer, à ma demande, un géomètre du pays pour faire le plan de Sindree et de l'Ullah Bund, en mars 1838. D'après la description donnée par celui-ci, il paraît que dans cette saison, qui est la plus sèche de l'année, le canal traversant le Bund

Fig. 77.



Le fort de Sindree, vu de l'ouest, en mars 1838.

avait cent mètres de large ; il était sans eau et se trouvait incrusté de sel. On lui dit que la plus grande quantité d'eau qu'il y eût alors, après les pluies, n'excédait pas quatre ou cinq pieds (1^{m},22 et 1^{m},52). Les bords étaient presque perpendiculaires, et avaient neuf pieds (2^{m},74) de haut. La lagune a

diminué tant en étendue qu'en profondeur, et à l'époque dont nous parlons, une partie, voisine du fort, était complétement à sec. Le dessin ci-joint, fait par le Capitaine Grant d'après le plan de l'ingénieur envoyé sur les lieux, représente le fort tel qu'il se montrait au milieu du lac, et vu de l'ouest, en 1838, ou du même point que celui où le Capitaine Grindley en fit l'esquisse (voir pl. XI) en 1808, avant le tremblement de terre.

Le Runn de Kotch est une région plate qui présente un caractère tout particulier, et qui n'a pas moins de 7000 milles carrés (918 lieues carrées) de superficie, — étendue plus considérable que celle du Yorkshire, ou égale à l'espace qu'occupe le quart de l'Irlande. Ce n'est ni un désert de sable mouvant, ni un marais, mais c'est évidemment le lit desséché d'une mer intérieure, dont, pendant une grande partie de l'année, le fond est solide et sec. Ce sol est si aride, qu'il n'y croît ni gazon, ni mauvaises herbes; à peine y rencontre-t-on, çà et là, quelques tamarisques. Mais pendant les moussons, lorsque la mer s'élève plus que de coutume, l'eau salée chassée du golfe de Kotch et des criques de Luckput inonde une grande partie du Runn, surtout après les pluies, quand le sol mouillé permet à l'eau de la mer de se répandre rapidement. Quelques parties du Runn sont sujettes aussi à être parfois inondées par l'eau

douce ; et il est à remarquer que la seule portion qui ait toujours été bien cultivée (celle qu'anciennement on appelait Sayra), se trouve aujourd'hui constamment submergée. La surface du Runn est quelquefois incrustée d'une couche de sel de près d'un pouce (25mm) d'épaisseur, par suite de l'évaporation de l'eau de mer. Des îles s'élèvent en quelques points de cette nappe liquide, et les terres qui la bordent forment des baies et des promontoires. Les naturels du pays font différentes versions sur l'ancienne séparation du Kotch et du Sind par un bras de mer, et sur le dessèchement du district qu'on appelle le Runn. Mais ces fables, indépendamment du peu de certitude que présente toujours la tradition orale, sont encore obscurcies par des fictions religieuses. La transformation du Runn en terre ferme est principalement attribuée à l'influence miraculeuse d'un saint Hindou, nommé Damorath (ou Dhoorunnath), qui, avant cet événement, avait fait pénitence pendant douze ans sur le sommet de la colline Denodur. Plusieurs motifs ont porté le Capitaine Grant à supposer que ce saint vivait environ vers le onzième ou le douzième siècle de notre ère. Comme preuve du dessèchement du Runn, on indique encore quelques villes situées actuellement assez loin dans l'intérieur des terres, et qu'on prétend avoir été jadis d'anciens ports.

De plus, on a toujours dit que des vaisseaux avaient fait naufrage, et avaient été engloutis par suite de la grande catastrophe; et l'eau noire et boueuse qui, en 1819, jaillit de plusieurs fissures, dans cette région, amena une grande quantité de pièces de fer travaillé, et de clous tels que ceux qu'on emploie à la construction des navires (*). Des cônes de sable, de six ou huit pieds ($1^m,8$ et $2^m,4$) de haut, s'élevèrent en même temps sur ce terrain (**).

Nous ne terminerons pas sans faire mention d'un phénomène *moral* qui se trouve lié à cette catastrophe terrible, et qui nous semble de nature à devoir fixer l'attention des géologues. Le Capitaine Burnes a constaté que « ces événements extraordinaires avaient eu lieu sans que les habitants du Kotch s'en fussent aperçus; » car la région bouleversée, quoique fertile jadis, avait pendant longtemps été réduite à un état complet de stérilité, par suite d'un manque d'irrigation, ce qui avait laissé les naturels du pays dans l'indifférence à son égard. Or, c'est à cette profonde apathie que tous les peuples, excepté ceux qui sont parvenus à

(*) Capt. Burnes's Account (Relation du Cap. Burnes).

(**) Capt. Macmurdo's Memoir, Ed. Phil. Journ. (Mémoire du Cap. Macmurdo, Journal Philosophique d'Édimbourg), vol. IV, p. 106.

un haut degré de civilisation, éprouvent relativement aux événements physiques qui n'ont pas une influence immédiate sur leurs intérêts réels, que l'on doit attribuer le peu de renseignements historiques que la science possède sur les changements arrivés à la surface du globe, et qui, ainsi que les observations modernes l'ont prouvé, se reproduisent souvent dans le cours ordinaire de la Nature.

A l'est de la ligne de ce tremblement de terre se trouve Oujein (appelée Ozene dans le *Periplus Maris Erythr.*). On y voit, à un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) au nord de la ville actuelle, les ruines d'une ancienne cité qui fut engloutie, jusqu'à la profondeur de quinze à seize pieds ($4^m,6$ et $4^m,9$), lors d'une catastrophe effroyable qui se rapporte au temps du rajah Vicramaditya (*).

Ile de Sumbava, 1815 — En avril 1815, une des plus terribles éruptions mentionnées dans l'histoire eut lieu dans l'île de Sumbava, province de Tomboro, à 200 milles (72 l.) environ de l'extrémité orientale de Java. L'année précédente, au mois d'avril aussi, le volcan avait manifesté une activité extraordinaire, comme on a pu en juger

(*) M. de Hoff, vol. II. p. 454.—Pour plus de détails, voyez liv. II. chap. X du présent ouvrage.

par les cendres qui tombèrent sur le pont des vaisseaux naviguant au-delà de la côte (*). L'éruption de 1815 commença le 5 avril; le 11 elle atteignit son maximum de violence qui se soutint le 12; puis, elle diminua d'intensité, mais ne cessa entièrement que vers le mois de juillet. Le bruit des explosions s'entendit jusqu'à Sumatra, c'est-à-dire, à la distance de 970 milles géographiques en ligne droite, et jusqu'à Ternate, à 720 milles, en direction opposée. Dans la province de Tomboro, sur une population de 12,000 individus, vingt-six seulement échappèrent à la mort. De violents tourbillons enlevèrent des hommes, des chevaux, du bétail, et tout ce qui se rencontra sur leur passage; ils déracinèrent les plus grands arbres, et couvrirent la mer de bois de construction que l'on voyait flotter à sa surface (**). De grandes étendues de terre furent inondées de lave, dont plusieurs courants, s'échappant du cratère de la montagne de Tomboro, atteignirent la mer. La pluie de cendres était si considérable qu'elle fit irruption, à 40 milles (15 ½ l.) à l'est du volcan, dans la maison du résident de Bima, et la rendit inhabitable, ainsi que plusieurs autres dans la même ville. Du côté de Java, les cendres furent emportées jusqu'à la dis-

(*) Manuscrit de J. Crawfurd, Esq.

(**) Raffles's Java (l'Ile de Java, par Raffles), vol. I. p. 28.

tance de 300 milles (plus de 100 l.), et à 217 milles (79 l.) dans la direction de Célèbes, en quantité suffisante pour obscurcir l'air. Les scories flottantes que l'on voyait à l'ouest de Sumatra formaient, le 12 avril, une masse de deux pieds ($0^m,61$) d'épaisseur, et de plusieurs milles d'étendue, à travers laquelle les vaisseaux ne pouvaient que très difficilement se frayer un passage.

L'obscurité produite dans le jour, à Java, par les cendres, était si grande, que celle qui règne d'ordinaire pendant les nuits les plus sombres ne pouvait lui être comparée. Quoique cette poussière volcanique ne fût, au moment où elle tombait, qu'une poudre impalpable, elle acquit par la compression un poids si considérable, qu'une pinte ($0^{litre},57$) de cette substance pesait douze onces trois quarts (361 grammes). « Une partie des molécules les plus fines, » dit M. Crawfurd, fut transportée jusqu'aux îles d'Amboine et de Banda, bien que cette dernière soit à près de 800 milles à l'est de l'emplacement du volcan, et quoique la mousson sud-est y régnât alors. » Ne doit-on pas conclure de ce fait que les cendres avaient été projetées dans les régions supérieures de l'atmosphère, où dominait un contre-courant?

Sur la côte de Sumbava, et au bord des îles adjacentes, la mer s'éleva subitement jusqu'à la hau-

teur de deux à douze pieds (0m,61 et 3m,7), par suite du mouvement d'une grande vague, qui, après s'être élancée dans l'estuaire, s'en retira aussitôt. Quoique à Bima le vent restât calme pendant toute la durée du phénomène, la mer se précipita sur le rivage, et remplit les parties inférieures des maisons d'un pied (0m,30) d'eau. Tous les bateaux furent arrachés de leur ancrage, et poussés sur le rivage.

La ville de Tomboro, située dans la partie occidentale de Sumbava, fut inondée par la mer, qui empiéta sur le rivage, à tel point qu'il resta dix-huit pieds (5m,5) d'eau sur des parties qui, auparavant, étaient à découvert. Nous remarquerons ici que la dépression du sol fut sensible, malgré la présence des cendres, qui devaient naturellement étendre les limites de la côte.

L'espace sur lequel se produisirent des bruits sourds et divers autres phénomènes volcaniques avait 1000 milles anglais (362 l.) de circonférence, et comprenait toutes les Iles Moluques, Java, une grande partie de Célèbes, Sumatra et Bornéo. A Amboine, pendant le même mois de la même année, le sol s'ouvrit, vomit de l'eau, puis se referma (*).

(*) Raffles's Hist. of Java vol. I. p. 25. — Ed. Phil. Journ., vol. III. p. 389.

En terminant, je rappellerai au lecteur que sans un incident heureux pour la science, sans la présence de Sir Stamford Raffles à Java, dont il était gouverneur, on aurait à peine entendu parler en Europe de cette terrible catastrophe. Il invita tous les résidents des divers districts soumis à son autorité à lui envoyer un état détaillé des circonstances relatives à cet événement qui étaient parvenues à leur connaissance; mais, quelque précieuses que puissent être ces communications, elles sont plus souvent de nature à exciter la curiosité du géologue qu'à la satisfaire. Il y est fait mention de phénomènes semblables, mais moins intenses, qui, environ sept ans auparavant, avaient accompagné une éruption du Karang-Assim, volcan de l'île de Bali, située à l'ouest de Sumatra; malheureusement, aucun détail de cette grande catastrophe n'a été enregistré (*).

Caracas, 1812. — Le 26 mars 1812, plusieurs violentes secousses de tremblement de terre se firent sentir à Caracas. La surface éprouvait des ondulations comme un liquide en ébullition, et des sons effrayants étaient entendus sous terre. Toute la

(*) Life and Services of Sir Stamford Raffles (Vie et Services de Sir Stamford Raffles), p. 241. Londres, 1830.

ville et ses splendides églises furent, en un instant, réduites en un monceau de ruines, sous lesquelles 10,000 habitants se trouvèrent ensevelis. Le 5 avril, d'énormes roches se détachèrent des montagnes. On supposa que le mont Silla avait perdu, par suite de l'affaissement du sol, de 300 à 360 pieds (91 et 110m) de sa hauteur, mais cette opinion ne reposait sur aucune mesure précise. Le 27 avril, le volcan de Saint-Vincent vomit des cendres; et le 30, un courant de lave jaillit de son cratère et coula dans la mer. Les explosions s'entendirent à une distance égale à celle qui sépare le Vésuve de la Suisse, le son se trouvant transmis, ainsi que M. de Humboldt l'a supposé, à travers le sol. Pendant le tremblement de terre qui détruisit Caracas, une immense quantité d'eau jaillit à Valecillo, près de Valencia, ainsi qu'à Porto-Cabello, par des ouvertures produites dans la terre, et les eaux du lac Maracaybo baissèrent de niveau. M. de Humboldt observa que les Cordillières, composées de gneiss et de mica-schiste, furent, ainsi que la région située immédiatement à leur base, plus violemment ébranlées que les plaines (*).

Caroline du Sud, 1811. — *New-Madrid.* —

(*) Humboldt's Pers. Nar. (Relat. Hist.) vol. IV. p. 12; et Ed. Phil. Journ. vol. I. p. 272. 1819.

Avant la destruction de La Guayra et de Caracas, en 1812, la Caroline du Sud fut bouleversée par des tremblements de terre, dont les secousses continuèrent jusqu'à ce que ces villes fussent détruites. La vallée du Mississipi, depuis le village de New-Madrid jusqu'à l'embouchure de l'Ohio, d'une part, et jusqu'au Saint-François, de l'autre, fut aussi bouleversée au point de former de nouveaux lacs et de nouvelles îles. Flint, le géographe, qui visita le pays sept ans après l'événement, nous apprend que dans le voisinage de la Petite Prairie, un espace de plusieurs milles fut couvert d'eau, sur une hauteur de trois ou quatre pieds (0m,9 et 1m,27); et que, lorsque cette eau se retira, elle fut remplacée par une couche de sable. De grands lacs de vingt milles (7 l. environ) d'étendue se trouvèrent formés en une heure; d'autres furent desséchés. Le cimetière de New-Madrid fut entraîné dans le lit du Mississipi, et il est constaté que le sol sur lequel la ville est bâtie, et le bord de la rivière, sur un espace de plus de quinze milles (5 l. environ), s'abaissèrent de huit pieds (2m,4) au-dessous de leur ancien niveau (*). La forêt voisine offrit pendant plusieurs années « une étrange scène de confusion; les arbres étant inclinés en tous

(*) Cramer's Navigator (Le Navigateur, par Cramer), p. 243. Pittsburg, 1821.

sens, et un grand nombre d'entre eux ayant leurs troncs et leurs branches brisés (*).

Les habitants rapportent que la terre s'élevait en formant de grandes ondulations; et que, lorsque, celles-ci atteignaient une certaine hauteur, qui était réellement effrayante, le sol s'ouvrait, et d'énormes quantités d'eau, de sable et de charbon de terre se trouvaient portées aussi haut que le sommet des plus grands arbres. Flint vit encore, sept années après, dans un terrain d'alluvion, plusieurs centaines de ces profondes crevasses. Les habitants du pays ayant remarqué, quoiqu'ils n'eussent point encore été témoins de pareilles commotions, que les ouvertures se produisaient dans la direction du S.-O. au N.-E., abattirent les plus grands arbres; puis, les posant à angles droits sur les crevasses, ils se placèrent en dessus, de manière à n'être point engloutis quand les fentes se rouvraient sous ces arbres (**). A un certain moment de ce tremblement de terre, le sol, dans le voisinage de New-Madrid, se souleva au point d'intercepter le cours du Mississipi, et d'y occasionner un reflux momentané. Le mouvement des secousses était tantôt horizontal et tantôt vertical; mais les effets de ce

(*) Long's Exped. to the Rocky Mountains (Expédition de Long, aux Montagnes Rocheuses), vol III. p. 184.

(**) Silliman's Journ., Jan. 1829.

dernier étaient, dit-on, bien moins terribles que ceux du mouvement horizontal. Or, s'il en est souvent ainsi, les secousses qui occasionnent le moins de ravage dans les villes peuvent être celles qui donnent lieu aux plus grands changements de niveau.

Iles Aléoutiennes, 1806. — En 1806, une île nouvelle, en forme de pic, et sur laquelle reposaient quelques collines coniques peu élevées, sortit de la mer, au milieu des îles Aléoutiennes, à l'orient du Kamtchatka. Suivant Langsdorf (*), elle avait quatre milles géographiques de tour; et M. de Buch conclut, tant de ses dimensions que de ce qu'elle ne s'est point encore abaissée au-dessous du niveau de la mer, qu'elle ne consiste pas simplement en matière rejetée par un orifice volcanique, mais en une roche solide de trachyte soulevée (**). Une autre éruption remarquable se manifesta au printemps de l'année 1814, près d'Ounalachka, dans le même archipel, et donna naissance à une île nouvelle. Cette île, d'une grandeur considérable, se terminait par un pic de trois mille pieds (plus de 900m) de haut, qui existait encore un an après, et n'avait perdu qu'un peu de son élévation.

(*) Bemerkungen auf einer Reise um die Welt. bd. I s. 209.

(**) Neue Allgem. Geogr. Ephemer. bd. III. s. 348.

Quoiqu'il semble assez probable que les tremblements de terre qui accompagnèrent ces terribles éruptions aient soulevé une partie du lit de la mer, il se pourrait, cependant, que la cause qui empêcha les îles en question de disparaître comme Sabrina (voir p. 228), dût être attribuée à l'émission de la lave. Si le Xorullo, par exemple, en 1759, s'était élevé du fond d'une mer basse à la hauteur de seize cents pieds (488^m), au lieu d'atteindre cette même altitude au-dessus du plateau Mexicain, le courant solide de lave basaltique que déversa son cratère l'eût mis à même de résister, pendant longtemps, à l'action d'une mer agitée.

Réflexions sur les tremblements de terre du dix-neuvième siècle. — Nous voici actuellement arrivés aux tremblements de terre qui ont eu lieu pendant le dix-huitième siècle; mais avant d'abandonner ceux dont nous nous sommes déjà occupés, arrêtons-nous un moment, et examinons combien de faits remarquables, sous le rapport géologique, ont été fournis par les tremblements de terre précédemment décrits, bien que ceux-ci ne constituent qu'une faible partie des convulsions qui ont eu lieu dans le cours des quarante dernières années. De nouvelles masses de rochers sont sorties des eaux; des sources chaudes ont jailli; une autre source plus

ancienne a vu sa température s'accroître ; la côte du Chili a été trois fois soulevée d'une manière permanente ; un espace considérable s'est affaissé dans le delta de l'Indus, et plusieurs des canaux peu profonds qui le sillonnent sont devenus navigables ; une partie voisine du même district, embrassant une étendue de plus de cinquante milles (18 l.) de longueur sur seize ($5\frac{3}{4}$ l.) de largeur, a été élevée d'environ dix pieds (3^m) au-dessus de son ancien niveau ; la ville de Tomboro a été submergée, et douze mille habitants de Sumbava ont péri. Cependant, en présence de ces terribles catastrophes dont la génération actuelle a été témoin en si peu de temps, le géologue osera-t-il affirmer avec une entière assurance que la terre est enfin arrivée à l'état de repos? Continuera-t-il à soutenir que les changements de niveau relatif de la terre et de la mer, si fréquents dans les premiers âges du monde, ont cessé actuellement de se manifester? Si, à la vue de tant de faits frappants, il persiste à maintenir cette doctrine favorite, en vain essaierait-on de vaincre son obstination, en accumulant les preuves de toutes les convulsions semblables qui se sont produites pendant une longue série de siècles antérieurs :

Si fractus illabatur orbis,
Impavidum ferient ruinæ.

TREMBLEMENTS DE TERRE DU DIX-HUITIÈME SIÈCLE.

Quito, 1797. — Dans la matinée du 4 février 1797, le volcan de Tunguragua, dans la province de Quito, et le district environnant, sur une étendue de quarante lieues du sud au nord, et de vingt lieues de l'ouest à l'est, éprouvèrent un mouvement ondulatoire qui dura quatre minutes. La même secousse se fit sentir sur un espace de 170 lieues du sud au nord, depuis Piura jusqu'à Popayan, et de 140 de l'ouest à l'est, depuis la mer jusqu'à la rivière Napo. Dans le plus petit de ces deux districts, où le mouvement fut plus intense que dans l'autre, toutes les villes furent rasées; et Riobamba, Quero, ainsi que plusieurs autres lieux, se trouvèrent ensevelis sous des masses détachées des montagnes. Au pied du Tunguragua, la terre s'ouvrit en plusieurs endroits, et vomit des courants d'eau et de boue fétide appelée « moya, » qui inondèrent et détruisirent tout ce qui se rencontra sur leur passage. Dans des vallées de mille pieds (plus de 300^{m}) de large, l'eau de ces courants atteignit jusqu'à la hauteur de six cents pieds (183^{m}), et le dépôt de boue intercepta le cours de la rivière, de manière à former des lacs, qui, en quelques en-

droits, se maintinrent pendant plus de quatre-vingts jours. Des flammes et des vapeurs suffocantes se dégagèrent du lac Quilotoa, et firent périr tout le bétail qui se trouvait sur ses bords. Les secousses continuèrent pendant les mois de février et de mars; et le 5 avril, elles se reproduisirent avec presque autant de violence qu'au commencement. On prétend que dans le district le plus fortement ébranlé, la forme de la surface du sol fut entièrement changée; mais on n'a aucune mesure exacte qui puisse faire connaître le degré de l'élévation ou de l'abaissement qui fut produit (*). Il serait difficile, il est vrai, d'obtenir, ailleurs que dans le voisinage immédiat de la mer, quelque point de comparaison qui permît de juger avec certitude si les niveaux éprouvèrent réellement autant d'altération que les récits donnent à le supposer.

Cumana, 1797. — Le 14 décembre de la même année, on ressentit aux petites Antilles des mouvements souterrains, et les quatre cinquièmes de la ville de Cumana furent renversés par une secousse verticale. La forme du banc de Mornerouge, à l'embouchure de la rivière Bourdones, fut changée par suite du soulèvement du sol (**).

(*) Cavanilles, Journ. de Phys., tome XLIX, page 230. Annales de Gilbert, bd. VI. p. 67. Voy. de Humboldt, p. 317.

(**) Voy. de Humboldt, Relat. Hist., part. I. p. 309.

Québec, 1791. — Les mémoires du Capitaine Bayfield nous apprennent que des tremblements de terre, quelquefois assez forts pour fendre des murs et renverser des cheminées, se manifestent très souvent sur le rivage de l'estuaire du Saint-Laurent. Tels furent les effets observés en décembre 1791, dans la baie de Saint-Paul, à cinquante milles (18 l.) environ au N.-E. de Québec; les habitants assurent que tous les vingt-cinq ans, un violent tremblement de terre a lieu, et se prolonge pendant quarante jours. L'histoire du Canada fait mention d'une secousse terrible qui, en 1663, se fit sentir depuis Québec jusqu'à Tadousac, c'est-à-dire, sur un espace de près de cent trente milles (47 l.), et dura six mois. La glace qui couvrait la rivière fut brisée, et plusieurs glissements de terrain eurent lieu (*).

Caracas, 1790. — Dans la province de Caracas, près du point où la Caura se réunit à l'Orénoque, entre les villes de San-Pedro de Alcantara et de San-Francisco de Aripao, un tremblement de terre se manifesta en 1790, le jour de la Saint-Mathieu. Il occasionna une dépression dans le sol gra-

(*) Macgregor's Travels in America (Voyage en Amérique ar Macgregor.)

nitique, et donna naissance à un lac de huit cents mètres de diamètre sur quatre-vingts à cent mètres de profondeur. Ce fut une partie de la forêt d'Aripao qui s'enfonça, et les arbres restèrent verts pendant plusieurs mois sous l'eau (*).

Sicile, 1790. — Le 18 mars de la même année, à S. Maria di Niscemi, près de la côte méridionale de la Sicile, et à quelques milles de Terranova, le sol s'affaissa graduellement sur une étendue de trois milles Italiens de circonférence, pendant que sept secousses de tremblement de terre se firent ressentir; et la dépression, qui, en un certain point, fut de trente pieds (9m), continua à se produire jusqu'à la fin du mois. Plusieurs fissures rejetèrent du soufre, du pétrole, de la vapeur d'eau et de l'eau chaude; il en sortit aussi un courant de boue qui coula pendant deux heures, et couvrit un espace de soixante pieds (18m) de long sur trente (9m) de large. Ces circonstances se passèrent loin du district volcanique ancien et moderne, dans un groupe de strates formées principalement d'argile bleue (**).

Java, 1786. — Vers l'année 1786, des secousses

(*) Voy. de Humboldt, Relat. Hist., part. II. p. 632.
(**) Ferrara Camp fl., p. 51.

se firent sentir par intervalles, pendant quatre mois, près de Batur, dans l'Ile de Java, et furent suivies d'une éruption. Il se forma des crevasses qui laissèrent échapper une vapeur sulfureuse; diverses portions du sol s'enfoncèrent et furent englouties. Le Dotog, petit ruisseau, s'engouffra dans une de ces crevasses, et continua à suivre un cours souterrain. Le village de Jampang fut englouti aussi, avec trente-huit de ses habitants, qui n'eurent pas le temps de fuir. C'est au Docteur Horsfield que nous sommes redevables de la vérification de ces faits (*).

Iles du Japon, 1783. — Le 1er août 1783, la montagne volcanique d'Asama yama, située au nord-est de la ville de Komoro, dans la province de Sinano — île de Nifon, — fut le théâtre d'une éruption violente. On prétend que l'eau de plusieurs rivières bouillonna, et qu'une des plus grandes d'entre elles, le Yonegava, inonda le pays. L'éruption fut précédée par un tremblement de terre effroyable; des gouffres s'ouvrirent, dit-on, de toutes parts, et plusieurs villages furent engloutis; d'autres, plus tard, furent ensevelis sous la lave (**).

(*) Batav. Trans., vol. VIII. p. 141.

(**) Humboldt, Fragments Asiatiques, etc, t. I. p 229.

CHAPITRE VII.

TREMBLEMENT DE TERRE EN CALABRE, 1783.

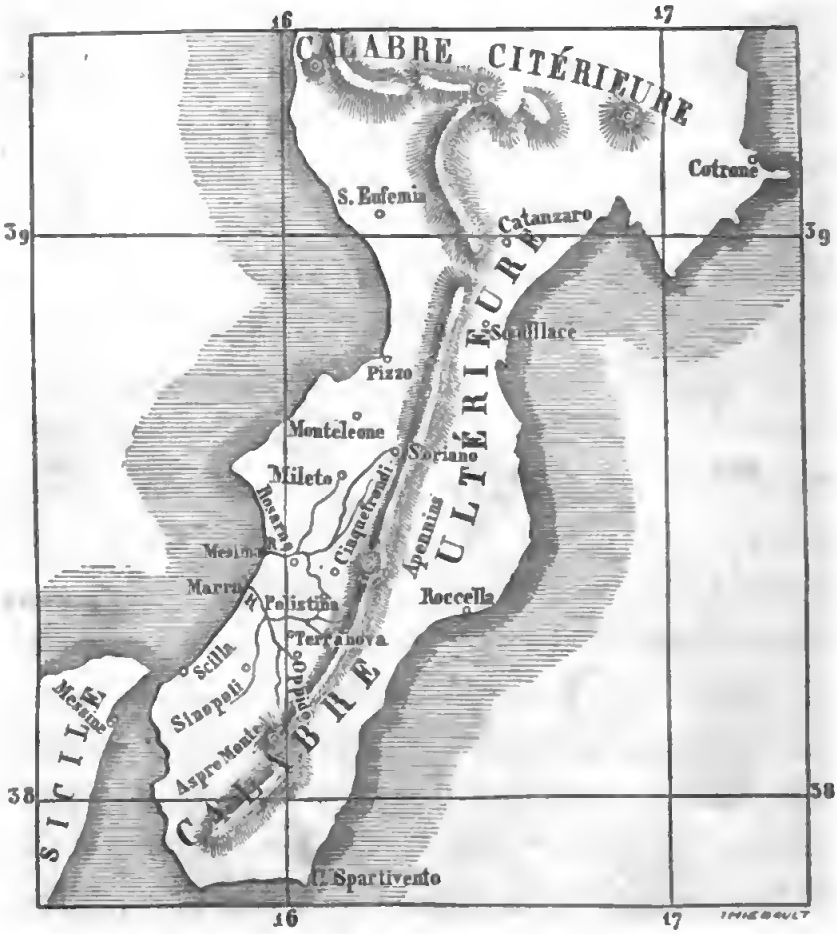
Tremblement de terre en Calabre, le 5 février 1783. — Continuation des secousses jusqu'à la fin de l'année 1786. — Autorités d'après lesquelles les faits relatifs à ce tremblement de terre ont été admis. — Étendue de la région bouleversée. — Structure géologique du district. — Difficultés de déterminer les changements de niveau. — Dépression du quai à Messine. — Faille dans la Tour Ronde de Terranova. — Déplacement des pierres de deux obélisques. — Ouverture et fermeture de fissures. — Engloutissement de vastes édifices. — Dimensions de nouvelles cavernes et fissures. — Oblitération graduelle de fissures. — Bondissement de masses détachées. — Glissements de terrain. — Bâtiments entiers transportés à de grandes distances. — Lacs nouveaux. — Courant de boue. — Cavités en forme d'entonnoir produites dans des plaines d'alluvion. — Chute de falaises, et inondation du rivage près de Scilla. — État du Stromboli et de l'Etna pendant les secousses. — De la manière dont les tremblements de terre contribuent à la formation des vallées. — Dernières remarques et conclusion.

Calabre, 1783. — Parmi les nombreux tremblements de terre qui ont eu lieu en différentes parties du globe, pendant les cent dernières années, celui que l'on ressentit en 1783, dans la Calabre, est à

peu près le seul dont on ait un récit assez circonstancié pour mettre le géologue complétement à portée d'apprécier les changements qu'une telle cause est capable de produire dans le cours des siècles. Les secousses commencèrent en février 1783, et durèrent pendant près de quatre ans; elles ne cessèrent qu'à la fin de 1786. Comparée avec plusieurs autres événements du même genre arrivés dans d'autres contrées, soit pendant le siècle dernier, soit dans le cours du siècle actuel, cette catastrophe n'offre rien de remarquable sous le rapport de la durée, de la violence, ou de l'étendue de pays sur laquelle elle se manifesta; les changements qu'elle occasionna dans les niveaux relatifs des montagnes et des vallées, de la terre ferme et de la mer, ne furent pas non plus aussi considérables que ceux auxquels donnèrent lieu, plus tard, quelques mouvements souterrains dans l'Amérique du Sud. L'importance du tremblement de terre en question tient surtout à ce que la Calabre est le seul point qui, jusqu'ici, ait été visité pendant et après les commotions, par des hommes ayant le loisir, le zèle et les connaissances scientifiques nécessaires pour recueillir et pour décrire avec exactitude les faits physiques qui peuvent repandre quelque lumière sur les questions géologiques.

Autorités d'après lesquelles les faits relatifs au tremblement de terre de la Calabre ont été établis. — Parmi ces nombreuses autorités, nous

Fig. 78.



citerons Vivenzio, médecin du roi de Naples, qui transmit à la cour un état exact de ses observations pendant la durée des secousses, et dont le

récit est fait avec ordre et clarté (*); — Francesco Antonio Grimaldi, alors secrétaire de la guerre, qui visita, d'après l'ordre du roi, les différentes provinces, et publia une description très détaillée des changements permanents survenus à la surface du sol (**); il mesura la longueur, la largeur et la profondeur des différentes fissures et des gouffres qui s'ouvrirent, et en détermina le nombre dans plusieurs provinces; ses commentaires sur les récits des habitants, et les explications qu'il en donne, sont aussi judicieux qu'instructifs; — Pignataro, médecin, résidant à Monteleone, ville située au centre même du mouvement; il enregistra toutes les secousses et les divisa en quatre classes, suivant leur degré de violence. D'après son ouvrage, il paraît qu'en 1783, il y en eut 949, dont 501 du premier degré de force; et l'année suivante, 151, sur lesquelles 98 appartenaient à cette même catégorie.

Le comte Hippolyte et plusieurs autres observateurs publièrent aussi des descriptions du tremblement de terre; mais l'Académie royale de Naples, non contente de ces observations et de quelques autres, envoya en Calabre, avant que les secousses eussent cessé, une députation composée de plu-

(*) Istoria de' Tremuoti della Calabria del 1783.

(**) Descriz. de' Tremuoti Accad. nelle Calabria nel 1783. Napoli, 1784.

sieurs de ses membres à laquelle avaient été adjoints des artistes chargés de reproduire par le dessin les changements physiques de la contrée, et l'état des villes et des édifices détruits. Malheureusement ces artistes ne réussirent pas très bien à représenter la situation dans laquelle se trouvait le pays, surtout lorsqu'ils essayèrent de rendre, sur une grande échelle, les révolutions extraordinaires que plusieurs des grands et des petits cours d'eau avaient subies. Quoi qu'il en soit, un grand nombre des planches publiées par l'Académie offrent un vif intérêt, et comme elles sont peu connues, j'y aurai souvent recours pour expliquer les faits qui vont être décrits (*).

Indépendamment des renseignements fournis par les autorités Napolitaines, un Anglais, Sir William Hamilton, visita le pays, non sans quelque danger, avant que les secousses eussent cessé; son récit, publié dans les Transactions Philosophiques, renferme un grand nombre de faits qui, sans cet observateur, eussent été sans doute perdus. Il a expliqué, d'une manière rationnelle, plusieurs événements qui, racontés dans le langage de quelques témoins oculaires, semblaient merveilleux et incroyables.

(*) Istoria de' Fenomeni del Tremoto, etc., nell'An. 1783, posta in luce dalla Real. Accad., etc., di Nap. Napoli, 1783. fol.

Dolomieu aussi visita la Calabre pendant la catastrophe, et donna une description du tremblement de terre, où il rectifia une erreur dans laquelle Hamilton était tombé, en supposant qu'une partie de l'espace ébranlé consistait en tuf volcanique. Il est une circonstance qui augmente véritablement l'intérêt que présentent, sous le rapport géologique, les commotions par lesquelles la surface de la Calabre se trouve si souvent modifiée : c'est qu'elles sont limitées à une région où il n'existe aucune roche, soit ancienne, soit moderne, d'origine volcanique ou trappéenne; de sorte qu'à quelque époque future, lorsque le temps de ces convulsions sera passé, la cause des anciennes révolutions sera aussi cachée que dans certaines parties de la Grande-Bretagne exclusivement occupées aujourd'hui par d'anciennes formations marines.

Étendue de l'espace bouleversé. — La révolution qui se manifesta sur la surface de la terre ferme, dans la mer et dans l'atmosphère s'étendit sur toute la Calabre Ultérieure, sur la partie sud-est de la Calabre Citérieure, et au-delà de la mer jusqu'à Messine et à ses environs, — région située entre les 38e et 39e degrés de latitude. La commotion se fit sentir dans une grande partie de la Sicile, et vers le nord, jusqu'à Naples; mais l'étendue de la surface

sur laquelle les secousses agirent avec assez de force pour exciter une vive inquiétude, n'excéda pas, en général, cinq cents milles carrés (près de 66 lieues carrées). Le sol de cette partie de la Calabre est composé principalement, comme la partie méridionale de la Sicile, de strates calcaréo-argileuses d'une grande épaisseur, et renfermant des coquilles marines. Cette argile est quelquefois associée avec des lits de sable et de calcaire. La plupart de ces formations ressemblent, par leur aspect et leur dureté, aux marnes subapennines, ainsi qu'aux sables et aux grès qui les accompagnent; le groupe entier offre, sous le rapport de la nature peu résistante des matériaux dont il se compose, une très grande analogie avec la plupart des dépôts tertiaires de la France et de l'Angleterre. Toutefois, considérées sous le point de vue chronologique, les formations de la Calabre sont, comparativement, d'une origine très moderne, et abondent en coquilles fossiles, analogues à des espèces vivant actuellement dans la Méditerranée.

Vivenzio nous apprend que, le 20 et le 26 mars 1783, des tremblements de terre se firent sentir dans les îles de Zante, de Céphalonie et de Ste-Maure, et que, dans cette dernière, des édifices publics et plusieurs maisons particulières furent renversés; il périt, de plus, un grand nombre de personnes. Nous avons déjà vu que les Iles Ioniennes

se trouvent dans la ligne de la grande région volcanique de la Calabre, de sorte que les tremblements de terre de ces deux contrées ont eu probablement une origine commune ; et il ne serait point impossible que le lit de toute l'étendue de mer intermédiaire se fût ressenti de la commotion.

Si l'on prend comme centre la ville d'Oppido, dans la Calabre Ultérieure, et qu'autour de ce centre on trace un cercle de vingt-deux milles (8 l.) de rayon, cet espace comprendra la surface du pays qui éprouva le plus d'altération, et où toutes les villes et tous les villages furent détruits. La première secousse, celle du 5 février 1783, renversa, en deux minutes, la plus grande partie des maisons des cités, villes et villages compris entre les flancs occidentaux des Apennins dans la Calabre Ultérieure, et Messine en Sicile, et bouleversa toute la surface du pays. Un autre choc presque aussi violent eut lieu le 28 mars. La chaîne granitique qui traverse la Calabre du nord au sud, et qui atteint une hauteur de plusieurs milliers de pieds, ne fut que légèrement ébranlée par la première secousse, mais elle le fut beaucoup plus violemment par quelques uns des chocs qui suivirent.

Quelques auteurs ont prétendu que les mouvements, analogues à la houle de la mer, qui se propageaient de l'ouest à l'est à travers les strates

récentes, devenaient plus violents au point de jonction de ces strates avec le granit, comme s'il s'opérait une réaction à l'endroit où le mouvement ondulatoire des couches tendres était subitement arrêté par les roches plus dures. Mais l'assertion de Dolomieu, sur ce sujet, est d'un grand intérêt, et au point de vue géologique, c'est la plus importante de toutes les observations qui aient été enregistrées (*).

Les Apennins, dit-il, dont une grande partie consiste en granit dur et solide, avec quelques schistes micacés et argileux, forment des montagnes nues à pentes escarpées, et offrent de fortes traces de dégradation. A leur base, on voit des strates plus récentes de sable et d'argile mêlés de coquilles, et un dépôt marin contenant des matériaux analogues à ceux qui résulteraient de la décomposition du granit. La surface de cette formation récente (*tertiaire*) constitue ce qu'on appelle la plaine de la Calabre. C'est un plateau uni et plat, excepté dans les points intersectés par d'étroites vallées ou par des ravins, que les rivières et les torrents ont creusés, quelquefois jusqu'à la profondeur de six cents pieds (183^{m}). Les flancs de ces ravins sont

(*) Dissertation on the Calabrian Earthquake, etc. (Dissertation sur le Tremblement de terre de la Calabre), traduit dans les Voyages de Pinkerton, vol. V.

presque perpendiculaires ; car la couche supérieure étant en quelque sorte cimentée par des racines d'arbres, empêche toute pente de se produire. L'effet ordinaire du tremblement de terre était de désunir toutes celles de ces masses dont la base n'était point en rapport avec le volume, ou qui ne se trouvaient soutenues que d'un côté. Il suit de là que, sur presque toute la longueur de la chaîne, le sol qui adhérait au granit à la base des montagnes Caulone, Esope, Sagra et Aspramonte, glissa sur le noyau solide à pente escarpée, et descendit un peu plus bas, ce qui donna lieu, presque sans interruption, depuis Saint-George jusqu'au-delà de Santa-Christina, — distance de neuf à dix milles (3 l. et 3 l. ½ env.), — à une solution de continuité entre le noyau granitique solide et le sol sablonneux. Plusieurs portions de terres, en glissant ainsi, furent transportées à une distance considérable de leur ancien emplacement, et en recouvrirent d'autres entièrement : de là s'élevèrent des contestations pour savoir à qui la propriété qui avait ainsi changé de place devait appartenir.

D'après le récit de Dolomieu, on peut prévoir comme devant résulter de la continuation de pareils tremblements de terre : 1° la production d'une vallée longitudinale suivant la ligne de jonction des roches anciennes et des nouvelles ; 2° un dérangement plus

considérable dans les strates nouvelles près du point de contact qu'à une plus grande distance des montagnes ; — phénomènes très ordinaires dans d'autres parties de l'Italie à la jonction des formations Apennines et Subapennines.

La surface du pays se soulevait souvent comme les vagues d'une mer agitée, ce qui occasionnait un malaise analogue au mal de mer. On a beaucoup insisté, dans presque tous les récits, sur ce qu'immédiatement avant chaque secousse les nuages paraissaient immobiles; et quoique l'on n'ait point encore trouvé l'explication de ce phénomène, il est évidemment le même que celui qu'on observe en mer dans un vaisseau qui tangue violemment : les nuages semblent arrêtés dans leur marche chaque fois que le vaisseau s'élève dans une direction contraire. Or, c'est exactement le même mouvement que les Calabrais doivent avoir éprouvé sur terre.

Des arbres, soutenus par leur tronc, s'inclinaient quelquefois, pendant les secousses, jusqu'au sol, qu'ils touchaient de leur cime. Ceci est cité comme un fait bien connu, par Dolomieu, qui assure s'être constamment tenu sur ses gardes contre l'esprit d'exagération auquel le vulgaire est toujours porté à se livrer, quand il fait le récit de ces phénomènes extraordinaires.

Il est impossible de supposer que ces ondula-

tions, qui sont indiquées pour l'Italie et pour plusieurs autres régions sujettes aux tremblements de terre comme se propageant à la surface solide de la terre dans une direction donnée à la manière d'une vague sur la mer, aient une analogie exacte avec les ondulations d'une masse liquide. Elles sont sans doute les effets de vibrations, rayonnant de quelque point situé à une grande profondeur, et qui, en atteignant successivement la surface, soulèvent le sol, qu'elles laissent ensuite retomber. La distance entre la source du mouvement souterrain et la surface doit varier suivant la configuration du pays.

Je vais actuellement examiner cette classe de changements physiques dus au tremblement de terre, qui se lient avec les modifications qu'ont subies les niveaux relatifs des différentes parties de la terre ferme; puis je décrirai ceux qui offrent des rapports plus immédiats avec l'arrosement régulier du pays, et où la force de l'eau courante s'est ajoutée à celle du tremblement de terre.

Difficulté de déterminer les changements de niveau. — Quant aux changements de niveau relatif, aucun des récits n'indique qu'ils aient eu lieu sur une échelle considérable; mais on ne doit pas perdre

de vue que la difficulté de prouver que le niveau général a subi quelque changement est proportionnelle à l'espace ébranlé, à moins que le rivage de la mer n'ait participé au mouvement principal ; et alors même, il est souvent impossible de déterminer si une élévation ou une dépression a eu lieu, — ce changement de niveau fût-il de plusieurs pieds — parce que rien n'attire l'attention dans un banc de galets et de sable s'élévant au-dessus du niveau de la mer, se dirigeant parallèlement à une côte, et marquant, ainsi que ces bancs le font d'ordinaire, le point atteint par les vagues pendant les grandes marées ou les plus violentes tempêtes. L'observateur qui se livre à des recherches scientifiques n'a pas les connaissances topographiques nécessaires pour juger si l'étendue du rivage a diminué ou augmenté; et celui qui possède des informations locales suffisantes, attache ordinairement fort peu d'intérêt à déterminer la somme du soulèvement ou de l'abaissement du terrain. Ajoutez à cela la grande difficulté de faire des observations exactes, par suite des vagues énormes qui roulent sur la côte pendant les tremblements de terre, et détruisent toutes les marques près du rivage.

Abaissement du quai à Messine. — Ce n'est évidemment que dans les ports de mer que l'on doit

chercher des indications très exactes de légers changements de niveau; et lorsqu'on en trouve, on doit supposer qu'on en rencontrerait également en d'autres points, s'ils offraient les mêmes facilités pour comparer des hauteurs relatives. Grimaldi rapporte dans un récit confirmé par Hamilton et par plusieurs autres observateurs, qu'à Messine, en Sicile, le rivage fut déchiré, et que le long du port, le sol, qui avant la secousse était parfaitement plan, se trouva ensuite incliné vers la mer, — que celle-ci elle-même devint plus profonde près de la « Banchina, » et qu'en plusieurs endroits son fond fut dérangé. Le quai aussi s'abaissa d'environ quatorze pouces ($0^m,35$) au-dessous du niveau de la mer; et les maisons situées dans son voisinage furent toutes lézardées (*Phil. trans.*, 1783).

Parmi les diverses preuves de l'élévation et de la dépression partielles qui se manifestèrent à l'intérieur des terres, les Académiciens rapportent, dans leur description, que le sol se trouvait quelquefois au même niveau des deux côtés des nouveaux ravins et des nouvelles fissures, mais que d'autres fois il y avait entre ces deux côtés une différence considérable, par suite du soulèvement de l'un d'eux, ou de l'abaissement de l'autre. Ainsi, sur les côtés de plusieurs longues fentes, dans le territoire de Soriano, la position relative des masses

stratifiées avait subi un changement de huit à quatorze palmes (1m,8 à 3m,2).

Polistina. — Des mouvements semblables ont eu lieu, dit-on, dans les strates du territoire de Polistina, où un nombre prodigieux de fissures se

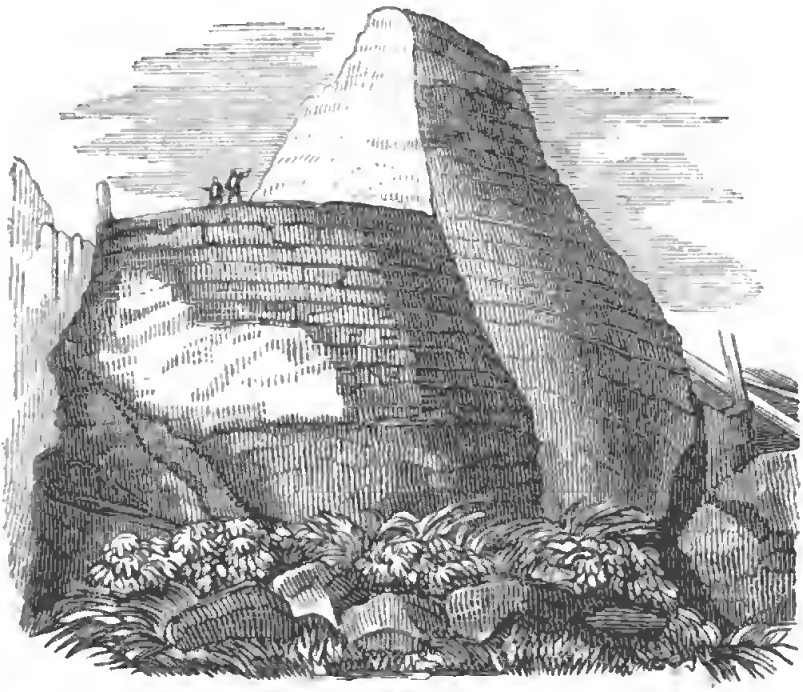
Fig. 79.

Fissure profonde occasionnée par le tremblement de terre de 1783, *près de Polistina.*

sont produites dans le sol. Une d'elles était très longue et très profonde; et en quelques points, le niveau des côtés correspondants avait subi une grande altération. (Voyez la fig. 79).

Terranova. — Dans la ville de Terranova, quelques maisons s'élevèrent au-dessus du niveau ordinaire, et d'autres, voisines de celles-ci, s'enfoncèrent dans la terre. Dans plusieurs rues le sol paraissait soulevé, et s'appuyait contre les murs des maisons : une grande tour circulaire, en maçonne-

Fig. 80.



Fente ou « faille » produite par le tremblement de terre de 1783, dans la tour ronde de Terranova, en Calabre.

rie solide, et dont une partie avait résisté à la destruction générale, fut partagée par une fente verticale; un de ses côtés fut exhaussé, et les fon-

dations se trouvèrent élevées au-dessus du sol. Les Académiciens la comparèrent à une grosse dent, à moitié extraite de l'alvéole, et ayant la partie supérieure de ses racines à nu. (Voyez fig. 80.)

Le long de la ligne de cette « faille, » — nom que donnent les mineurs à ces sortes de fentes, — on trouva que les murs adhéraient fortement l'un à l'autre, et qu'ils étaient joints si parfaitement, que la seule chose qui indiquât qu'ils n'avaient pas toujours été réunis, était le défaut de concordance entre les assises de pierre de chaque côté de la fente.

Dolomieu vit dans le couvent des Augustins, à Terranova, la maçonnerie d'un puits qu'on eût dit avoir été chassée en dehors du sol. Elle ressemblait à une petite tour de huit ou neuf pieds ($2^m,4$ et $2^m,7$) de haut, et un peu inclinée. Cet effet, dit-il, résultait de la consolidation et, par suite, de l'abaissement du sol sablonneux dans lequel le puits avait été creusé.

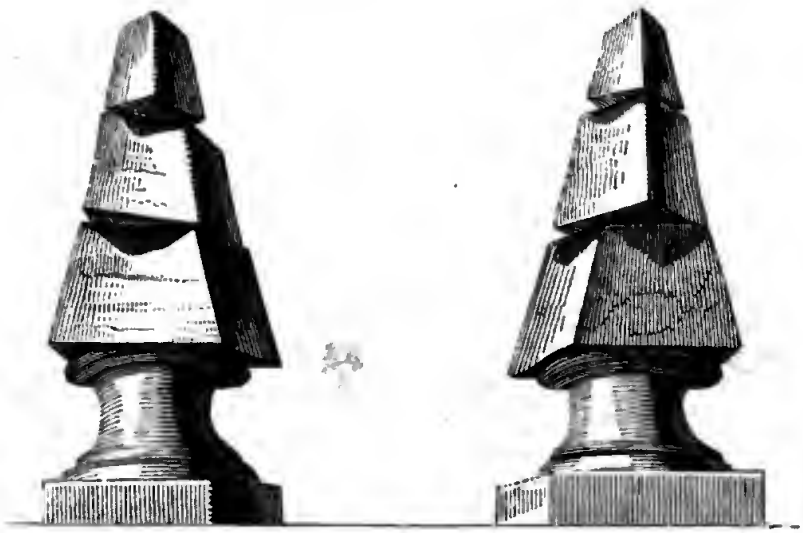
Dans quelques uns des murs qui avaient été renversés ou violemment ébranlés à Monteleone, les pierres furent détachées du mortier, de manière à laisser un moule exact de leur forme à la place qu'elles avaient occupée; ailleurs le mortier se trouvait broyé entre les pierres.

Il paraît que les mouvements ondulatoires, et

ceux qui se produisent à la manière d'un tourbillon, ont donné lieu souvent aux effets les plus bizarres. Ainsi, dans quelques unes des rues de Monteleone, toutes les maisons furent renversées, à l'exception d'une seule; dans d'autres rues, deux maisons seulement restèrent en place; et souvent les bâtiments qui étaient épargnés éprouvaient à peine les plus petits dommages.

Dans plusieurs villes de la Calabre, presque

Fig. 81.



Déplacement des pierres de deux obélisques, au couvent de Saint-Bruno.

toutes les constructions les plus solides furent renversées, tandis que celles qui étaient bâties légèrement résistèrent; mais à Rosarno et à Messine, en

Sicile, ce fut précisément le contraire qui arriva : les édifices massifs demeurèrent seuls debout. Deux obélisques (voyez fig. 81) placés aux extrémités d'une façade magnifique du couvent de Saint-Bruno, dans une petite ville appelée Stefano del Bosco, subirent un mouvement fort singulier. La secousse qui ébranla le bâtiment est décrite comme ayant été horizontale et tournoyante. Le piédestal de chaque obélisque resta à sa place, mais les pierres auxquelles il servait d'appui tournèrent sur elles-mêmes, en s'écartant quelquefois de neuf pouces ($0^m,23$) de leur position primitive, sans tomber. On a supposé, toutefois, que cette sorte de déplacement pouvait être le résultat d'un mouvement vibratoire plutôt que d'un mouvement analogue à celui d'un tourbillon (*).

Fissures. — Il paraît évident qu'une grande partie du déchirement et du fendillement du sol fut l'effet d'un violent mouvement de bas en haut ; et, dans un grand nombre de cas où les fentes et les crevasses s'ouvraient et se fermaient alternativement, on doit supposer que la terre se soulevait et s'abaissait alternativement. On conçoit que le même effet aurait lieu, mais sur une petite échelle, si,

(*) Darwin's Journal, p. 376

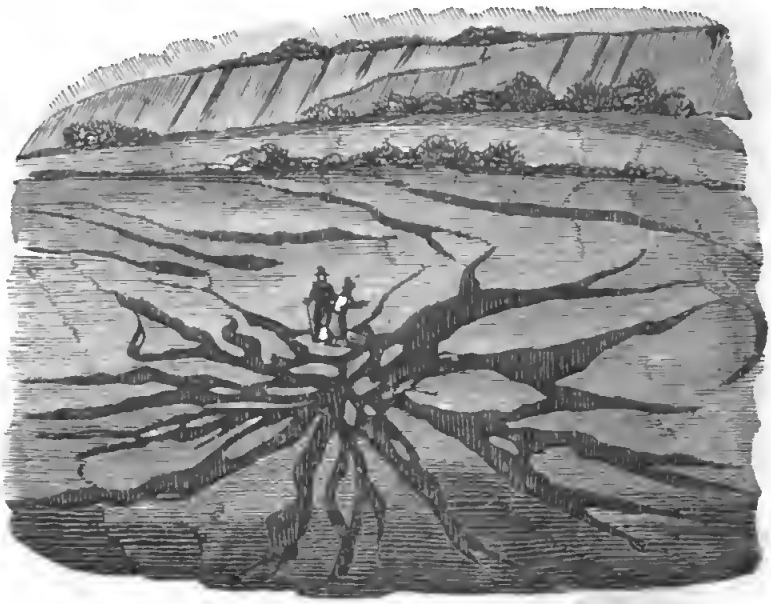
par suite de quelque force mécanique, un pavé formé de grandes dalles était soulevé, puis abaissé subitement, de manière à reprendre sa première position. Si quelques petits cailloux se trouvaient sur la ligne de contact de deux dalles, ils tomberaient dans l'ouverture quand le pavé s'élèverait, et seraient engloutis, de sorte qu'il n'en resterait aucune trace lorsque les dalles s'abaisseraient de nouveau. De même, quand la terre était soulevée, de grandes maisons, des arbres, du bétail, et des hommes se trouvaient engloutis en un instant dans des crevasses et des fissures; et quand le sol s'abaissait, la terre se refermait sur eux, de manière qu'on n'en pouvait retrouver le moindre vestige à la surface. D'autres fois, des individus engloutis par une secousse étaient rejetés vivants, avec de grandes colonnes d'eau, par la secousse qui suivait immédiatement la première.

A Jerocarne, pays qui, d'après les Académiciens, fut déchiré de la manière la plus extraordinaire, les fissures s'étendirent en tous sens, comme les fentes d'un carreau de vitre cassé (voyez Fig. 82); et comme une grande partie de ces fissures restèrent ouvertes après les secousses, il est fort possible que cette contrée ait été soulevée d'une manière permanente.

Dolomieu nous apprend que les crevasses et les fissures suivaient ordinairement une direction paral-

lèle à celle de quelques gorges préexistant dans leur voisinage.

Fig. 82.



Fissures occasionnées par le tremblement de terre de 1783, près de Jerocarne, dans la Calabre.

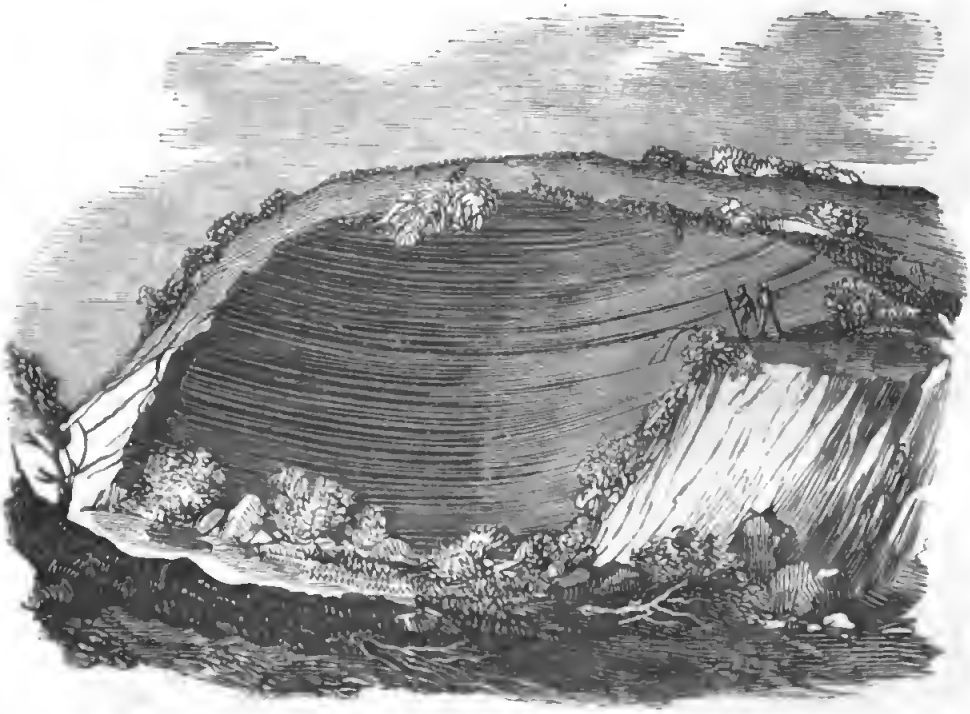
Maisons englouties. — Près d'Oppido, point central d'où émanèrent les mouvements les plus violents, la terre s'entr'ouvrit, puis elle se referma immédiatement, après avoir englouti plusieurs maisons. Dans le district adjacent de Cannamaria, quatre fermes, plusieurs magasins d'huile et de vastes habitations furent si complétement engouffrées dans une crevasse, qu'on n'en pouvait apercevoir aucun vestige. Le même phénomène eut lieu à Terranova,

à Santa-Christina et à Sinopoli. Les Académiciens ont particulièrement insisté sur ce fait que, lorsque des gouffres profonds s'étaient ouverts dans les strates argileuses de Terranova, et que des maisons y avaient été englouties, les côtés de ces gouffres se refermaient avec une telle violence, que plus tard, en faisant des fouilles pour essayer de retrouver des objets de valeur, les ouvriers remarquèrent que les diverses parties des bâtiments et tout ce qu'ils contenaient formaient une masse compacte. Il est inutile de multiplier les exemples de semblables phénomènes ; mais il s'en est produit, pendant ce tremblement de terre en Calabre, un si grand nombre, parfaitement avérés, que l'on peut, sans la moindre hésitation, ajouter foi aux récits de catastrophes du même genre que l'on retrouve à chaque page dans l'histoire, et où il est fait mention de villes entières englouties, qui n'ont laissé à leur place qu'un étang ou un espace couvert de sable.

Gouffre formé près d'Oppido. — Une vaste cavité s'ouvrit sur la pente d'une colline voisine d'Oppido ; et, quoiqu'une grande quantité de terre, ainsi qu'un nombre considérable d'oliviers et de vignes y aient été précipités, il n'en resta pas moins, après la secousse, un vaste gouffre, en

forme d'amphithéâtre, de cinq cents (152^{m}) pieds de long sur deux cents (61^{m}) de profondeur (voyez Fig. 83).

Fig. 83.



Gouffre formé par le tremblement de terre de 1783, *près d'Oppido, en Calabre.*

Dimensions de quelques fissures et de quelques cavités nouvelles. — Suivant Grimaldi, plusieurs fissures et plusieurs cavités, formées par la première secousse du 5 février, furent considérablement élar-

gies, allongées et rendues plus profondes par les violentes commotions qui eurent lieu le 28 mars. Le même observateur trouva dans le territoire de San-Fili un nouveau ravin, d'un demi-mille de long ($\frac{1}{6}$ de lieue), de deux pieds et demi ($0^m,76$) de large, et de vingt-cinq pieds ($7^m,7$) de profondeur ; il en vit un autre de semblables dimensions dans le territoire de Rosarno. Un ravin dont la longueur était de près d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue), la largeur de cent cinq pieds (32^m), et la profondeur de trente pieds ($9^m,1$), s'ouvrit dans le district de Plaisano, où deux gouffres furent aussi formés, — un de trois quarts de mille ($\frac{1}{4}$ de lieue) de long, de cent cinquante pieds ($45^m,8$) de large, et de plus de cent pieds ($30^m,15$) de profondeur, dans un lieu appelé Cerzulle ; l'autre, à la Fortuna : la longueur de celui-ci était de près d'un quart de mille ($\frac{1}{12}$ de lieue), sa largeur de plus de trente pieds ($9^m,1$), et sa profondeur au moins de deux cent vingt-cinq pieds ($68^m,6$).

Dans le district de Fosolano, trois gouffres s'ouvrirent : l'un avait trois cents pieds carrés (près de 28 mètres carrés) et plus de trente pieds ($9^m,1$) de profondeur ; le second était de près d'un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) de long, de quinze pieds ($4^m,5$) de large, et de plus de trente pieds ($9^m,1$) de profondeur ; le troisième avait sept cent cinquante pieds carrés ($69\frac{2}{3}$ mètres carrés).

Enfin une montagne calcaire, appelée Zefirio, et située à l'extrémité méridionale de la Péninsule Italienne, fut partagée en deux sur une longueur de près d'un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue), et sur une largeur irrégulière de plusieurs pieds. Quelques unes de ces crevasses étaient en forme de croissant. La figure ci-jointe (pl. 84) en représente une dont les dimen-

Fig. 84.

Crevasse produite par le tremblement de terre de 1783, *dans la colline de St-Angelo, près de Soriano, en Calabre.*

sions n'offrent rien de remarquable, mais qui resta ouverte à côté d'un petit passage sur la colline de St-Angelo, près de Soriano. La petite rivière Mesima se voit dans le premier plan.

Digitized by Google

Formation de nouveaux lacs. — Dans le voisinage de Seminara, un lac fut formé subitement, par suite de l'ouverture d'une grande crevasse du fond de laquelle l'eau sortit. Ce lac fut appelé Lago del Tolfilo. Il avait 1,785 pieds (544^{m}) de long, 937 (286^{m}) de large, et 52 (16^{m}) de profondeur. Les habitants, redoutant les miasmes que pouvait occasionner cette masse d'eau stagnante, essayèrent à grands frais de la dessécher à l'aide de canaux; mais ils ne purent y parvenir, parce qu'elle était alimentée par des sources jaillissant du fond de la crevasse. Il se fit près de Polistina une petite dépression circulaire que nous reproduisons ici (Fig. 85).

Fig. 85.

Étang circulaire près de Polistina, en Calabre, produit par le tremblement de terre de 1783.

Oblitération graduelle de fissures. — On montra

à Sir W. Hamilton, dans le voisinage de Mileto, plusieurs fissures profondes qui, bien qu'aucune d'elles n'eût plus d'un pied (0m,3) de large, s'étaient assez ouvertes pendant le tremblement de terre, pour engloutir un bœuf et une centaine de chèvres. Les Académiciens trouvèrent aussi, à leur retour dans les districts par lesquels ils avaient commencé leur tournée, que, pendant ce court espace de temps, plusieurs fentes s'étaient graduellement refermées, de sorte que leur largeur avait diminué de plusieurs pieds, et que leurs parois opposées se touchaient presque en quelques points. Il n'y a rien que de fort naturel à ce que les choses se passent ainsi dans des strates argileuses, tandis que, dans des roches plus solides, on peut s'attendre à ce que les fissures restent ouvertes pendant plusieurs siècles. S'il était bien constaté que ce fait fût général dans les pays bouleversés par des tremblements de terre, il servirait à expliquer d'une manière satisfaisante un phénomène assez ordinaire dans les veines minérales. Ces veines conservent souvent leur volume, tant que les roches qui les renferment consistent en calcaire, en granit ou en quelque autre matièr edure; mais elles se contractent, deviennent de simples filons, ou même disparaissent complétement lorsque des masses de nature argileuse sont interposées. Si nous supposons que le comblement des fissures par

des substances métalliques ou autres soit une opération qui exige plusieurs siècles, il est clair que les parois opposées des fentes, dans les strates qui consistent en matériaux peu résistants, doivent se réunir ou du moins se rapprocher beaucoup, avant qu'il se soit écoulé un temps suffisant pour qu'une grande quantité de substance minérale ait pu s'accumuler.

Augmentation du volume et de la température des eaux thermales. — Grimaldi a constaté que les eaux thermales de Sainte-Euphémie, dans la Terra di Amato, qui commencèrent à jaillir pendant le tremblement de terre de 1638, éprouvèrent, en février 1783, une augmentation de volume et de température. Ce fait semble indiquer un rapport entre la chaleur de l'intérieur et les fissures occasionnées par les tremblements de terre de la Calabre, malgré l'absence, dans ce district, de toute roche volcanique, soit ancienne, soit moderne.

Bondissement de masses détachées. — La violence du mouvement qui fut produit de bas en haut dans le sol a été expliquée d'une manière singulière par ce que les Académiciens appellent « sbalzo, » saut, bondissement à la hauteur de plusieurs mètres, de masses adhérant légèrement à la

surface. Dans quelques villes, une grande partie des pierres qui forment le pavé furent lancées en l'air, et on les trouva retournées sens dessus dessous. Or, on ne peut douter que des deux mouvements produits dans cette circonstance, celui de bas en haut n'ait dû résulter de l'impulsion que les pierres avaient reçue ; tandis que celui de rotation doit nécessairement être attribué à la différence entre les divers degrés d'adhésion des deux extrémités de la masse. Quand la pierre était projetée à une hauteur suffisante pour accomplir en l'air un peu plus d'un quart de révolution, elle descendait de champ, et tombait ayant alors sa face inférieure en dessus.

Effets des tremblements de terre sur le creusement des vallées. — Le genre d'effets résultant des tremblements de terre dont nous allons actuellement nous occuper est celui qui se rattache le plus immédiatement à la formation des vallées, — phénomène dans lequel l'action de l'eau a souvent été combinée avec celle des tremblements de terre. La région bouleversée se composait principalement, ainsi que nous l'avons déjà vu, de strates argileuses, coupées par des vallées étroites, dont la profondeur atteignait quelquefois cinq ou six cents pieds (152 et 183^{m}). Comme les falaises qui leur servaient de limite étaient en grande partie verticales, on comprendra

sans peine qu'au milieu des divers mouvements de la terre, les précipices suspendus en quelque sorte au-dessus des rivières, et se trouvant sans appui d'un côté, devaient souvent tomber. Nous voyons, en effet, que les inondations produites par des éboulements dans le lit des rivières sont au nombre des résultats les plus désastreux des grands tremblements de terre dans toutes les parties du monde, car les plaines alluviales situées dans le fond des vallées sont ordinairement les parties les plus fertiles et les plus peuplées de toute la contrée; et soit qu'une ville se trouve placée au-dessus ou au-dessous du barrage accidentel du cours d'une rivière, elle se trouve exposée à être dévastée par les eaux d'un lac ou d'une inondation.

Glissements de terrain. — De chaque côté de la vallée profonde ou du ravin de Terranova, d'énormes masses se détachèrent de la plaine voisine et tombèrent dans le lit de la rivière, de manière à donner naissance à de grands lacs. On a vu souvent des chênes, des oliviers, des vignes et du blé croître au fond du ravin sans être plus endommagés que les végétaux semblables dont ils avaient été séparés dans la plaine au-dessus, à cinq cents pieds (152^{m}) au moins plus haut, et à près de trois quarts de mille ($\frac{1}{4}$ de lieue) de distance. Dans une partie

de ce ravin, il se trouvait une masse énorme, de deux cents pieds (61^{m}) de haut, et de près de quatre cents pieds (122^{m}) de diamètre à sa base, qui, probablement, avait été détachée de la plaine par quelque ancien tremblement de terre. Il est bien attesté que cette masse parcourut un espace de près de quatre milles (1 l. $\frac{1}{3}$) dans le ravin, après avoir été mise en mouvement par le tremblement de terre du 5 février. Hamilton, qui visita les lieux, explique ce phénomène par la déclivité de la vallée, par la grande abondance de pluie qui tomba, et par la pesanteur considérable de la matière alluviale qui se trouvait adossée à cette masse et exerçait sur elle une forte pression. Dolomieu attribue aussi ce déplacement à l'impulsion nouvelle donnée par d'autres masses également détachées de la plaine, et poussant en avant celles qui, les premières, avaient été mises en mouvement.

Le premier rapport envoyé à Naples des deux glissements de terrain dont on vient de parler, et qui donnèrent naissance à un grand lac près de Terranova, était conçu en ces termes : — « Deux montagnes situées sur les côtés opposés d'une vallée se déplacèrent de leur position primitive et glissèrent jusqu'à ce qu'elles se rencontrassent dans le milieu de la plaine ; là, se réunissant, elles interceptèrent le cours d'une rivière, etc. » Les expressions em-

ployées ici ressemblent singulièrement à celles qui furent appliquées aux phénomènes, probablement analogues, que l'on dit s'être manifestés à Fez, pendant le grand tremblement de terre de Lisbonne, ainsi qu'à la Jamaïque et à Java, à d'autres époques.

Fig. 86.

Changements produits à la surface du sol, à Fra Ramondo, près de Soriano, dans la Calabre.

1, Portion éboulée d'une colline couverte d'oliviers.
2, Nouveau lit de la rivière Caridi.
3, La ville de Soriano.

Non loin de Soriano, qui fut renversée par la

grande secousse de février, une petite vallée, renfermant une magnifique plantation d'oliviers, désignée sous le nom de Fra Ramondo, éprouva une révolution très extraordinaire. Une multitude de fissures traversèrent en tous sens la plaine dans laquelle coulait la rivière, et absorbèrent l'eau jusqu'à ce que les sous-strates argileuses en fussent imprégnées, ce qui amena celles-ci, en très grande partie, à l'état de pâte liquide, et donna lieu à d'étranges changements dans la configuration du pays, le sol prenant aisément, jusqu'à une grande profondeur, toute espèce de formes. De plus, les débris des collines voisines furent précipitées dans les cavités qui s'étaient formées ; et tandis qu'un grand nombre d'oliviers étaient déracinés, d'autres continuaient à végéter sur les masses tombées et inclinées sous divers angles (voyez Fig. 86). La petite rivière Caridi disparut entièrement pendant plusieurs jours ; et lorsqu'enfin on la revit, elle s'était creusé un lit complétement nouveau.

Bâtiments transportés entiers à de grandes distances. — Près de Seminara, un verger et une vaste plantation d'oliviers furent lancés à une distance de deux cents pieds (61^{m}), dans une vallée de soixante pieds (18^{m}) de profondeur. En même temps, une crevasse profonde s'ouvrit dans une autre partie du pla-

teau élevé d'où le verger avait été détaché, et la rivière y entra aussitôt, laissant son ancien lit complétement à sec. Une petite maison habitée, qui se trouvait sur la masse de terre transportée dans la vallée, fut entraînée avec elle, entière et sans que les habitants éprouvassent le moindre mal. Les oliviers aussi continuèrent à croître sur cette terre, et rapportèrent la même année une récolte abondante.

Deux portions de terrain sur lesquelles reposait une grande partie de la ville de Polistina, consistant en plusieurs centaines de maisons, furent détachées et transportées à près d'un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) de leur emplacement primitif, dans un ravin voisin ; et ce qu'il y a de plus extraordinaire dans cet événement, c'est que plusieurs des habitants furent retirés sains et saufs des décombres.

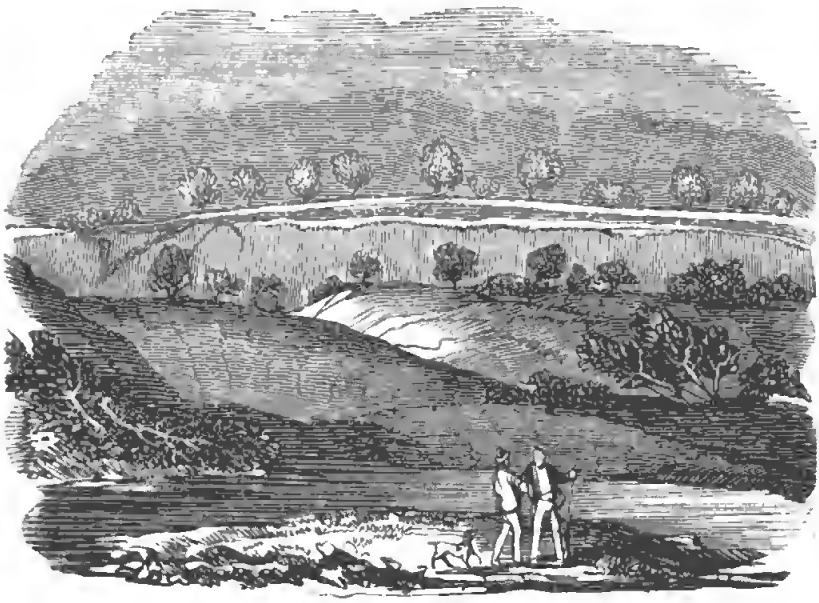
Près de Mileto, deux métairies, désignées sous les noms de Macini et de Vaticano, et qui occupaient une étendue de terre d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) environ de longueur, sur un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) de largeur, furent entraînées à la distance d'un mille dans une vallée. Une chaumière, ainsi que de grands mûriers et oliviers, dont la plupart restèrent debout, furent transportés intacts jusqu'à cette distance extraordinaire. Suivant Hamilton, la surface déplacée aurait pendant longtemps été minée par de petits ruisseaux qui se trouvèrent ensuite en pleine vue, sur le

sol qu'avaient abandonné les deux métairies, et qui, par suite, était à découvert. Le tremblement de terre semble avoir ouvert un passage dans les collines argileuses voisines, par lequel l'eau chargée de matériaux incohérents provenant du sol s'introduisit dans le lit souterrain des petits ruisseaux situés immédiatement au-dessous du terrain déplacé, de sorte que les fondations du sol mis en mouvement par le tremblement de terre se détachèrent facilement. Un autre exemple de dépression qui n'entraîna pas la destruction des édifices est cité par Grimaldi, comme ayant eu lieu dans la ville de Catanzaro, capitale de la province du même nom. Les maisons, dans le quartier de San Giuseppe, s'affaissèrent avec le sol à diverses profondeurs, de deux à quatre pieds ($0^m,6$ à $1^m,2$), mais les bâtiments restèrent intacts.

Outre qu'il serait fastidieux d'énumérer tous les glissements de terrain qui ont eu lieu dans de petites vallées, le cadre que nous nous sommes tracé ne nous permettrait pas de suivre les différents auteurs dans les détails locaux qu'ils ont donnés sur ce sujet. Ces phénomènes, pourtant, offrent un très grand intérêt ; ils montrent à quel point l'action des rivières appliquée à l'élargissement des vallées, et au transport de portions considérables du sol vers la mer, se trouve augmentée dans les lieux où les tremblements de terre ont des retours pé-

riodiques. Plusieurs territoires furent horriblement ébranlés. Celui de Cinquefrondi entre autres éprouva les plus grands bouleversements ; diverses portions du sol furent soulevées ou abaissées, et une multitude de fissures sillonnèrent le pays en tous sens (voyez Fig. 87). Il paraît y avoir eu, dans ce district, le

Fig. 87.



Glissements de terrain occasionnés par le tremblement de terre de 1783, près de Cinquefrondi.

long des flancs d'une petite vallée, une ligne presque continue de glissements de terrain.

Nombre des lacs nouvellement formés. — Vivenzio rapporte que, près de Sitizzano, une vallée fut presque entièrement comblée jusqu'au niveau des hautes terres situées de chaque côté, par les masses énormes qui se détachèrent des collines environnantes et se précipitèrent dans le lit de deux petits cours d'eau. Ce barrage donna naissance à un lac très profond, de deux milles ($\frac{2}{3}$ de lieue) de long, et d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) de large environ. Le même auteur dit qu'il y eut en tout cinquante lacs produits par les commotions ; et il indique les places de chacun d'eux. Les inspecteurs du gouvernement comptèrent 215 lacs, mais dans ce nombre étaient compris beaucoup de petits étangs.

Courants de boue. — Parmi plusieurs autres exemples du même genre, le sol, près de St-Lucido, est décrit comme ayant été « dissous, » de sorte que d'énormes courants de boue inondèrent tous les terrains bas, à la manière de la lave. La cime des arbres et les ruines des fermes se voyaient seules au-dessus de cette mer de boue. A deux milles ($\frac{2}{3}$ de lieue) de Laureana, le sol marécageux de deux ravins se remplit d'une matière calcaire, qui s'échappa de la terre immédiatement avant la première grande secousse. Cette boue, s'accumulant rapidement, commença bientôt à rouler, comme un torrent de lave,

dans la vallée, où les deux courants, se réunissant, s'avancèrent de l'est à l'ouest avec une grande vitesse. Ils avaient alors deux cent vingt-cinq pieds (38^{m}) de largeur sur quinze (4^{m}) de profondeur, et lorsqu'ils cessèrent d'avancer, ils couvraient une surface d'un mille Italien de longueur. Dans sa marche, ce torrent engloutit un troupeau de chèvres, et déracina plusieurs oliviers et plusieurs mûriers, qui flottaient comme des vaisseaux sur sa surface. Quand cette lave calcaire eut cessé de se mouvoir, elle sécha et durcit peu à peu, et pendant cette opération, sa masse s'abaissa de sept pieds et demi (2^{m},29). Elle contenait des fragments de terre d'une couleur ferrugineuse, qui émettait une odeur de soufre.

Formation d'un grand nombre de cônes de sable. — Plusieurs des phénomènes qu'on observe dans les plaines d'alluvion indiquent d'une manière évidente le soulèvement et l'abaissement alternatifs du sol. Le premier effet des secousses les plus violentes était ordinairement le desséchement des rivières, mais elles débordaient immédiatement après. Le long des plaines d'alluvion et dans les lieux marécageux, il se forma une multitude de cônes de sables, — phénomène qu'Hamilton explique en supposant que le premier mouvement élevait la plaine

sillonnée de fissures de bas en haut, de sorte que les rivières et les eaux stagnantes des marais s'abaissaient ou du moins ne participaient pas au soulè-

Fig. 88.

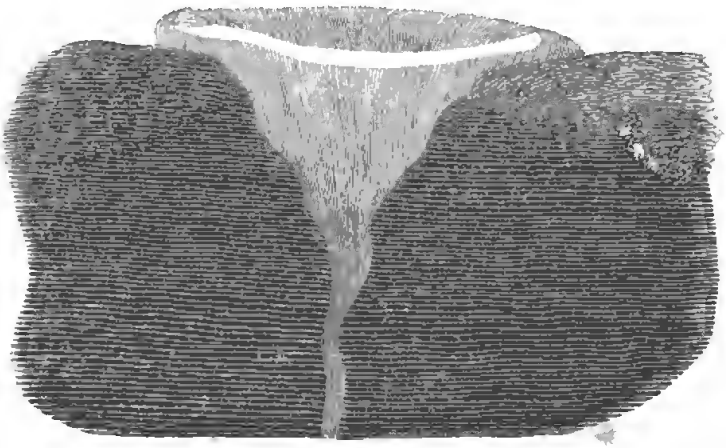
Cavités circulaires produites par le tremblement de terre de 1783, *dans la plaine de Rosarno.*

vement du sol. Mais quand celui-ci revenait avec violence à sa première position, l'eau s'élançait en jets à travers les fissures (*).

(*) Phil. Trans vol. LXXIII, p. 180.

Formation de cavités circulaires. — On lit dans le rapport de l'Académie que quelques plaines furent couvertes de cavités circulaires, de la grandeur d'une roue de voiture, pour la plupart, mais souvent un peu plus grandes ou un peu plus petites. Quand ces cavités étaient pleines d'eau, jusqu'à un pied ou deux (3^{m} et 6^{m}) de leur surface, on pouvait les comparer à des puits; mais, en général, elles étaient remplies de sable sec, offrant tantôt une surface concave et tantôt une surface convexe (voyez Fig. 88). En creusant, on reconnut qu'elles avaient la

Fig. 89.



Section d'une des cavités circulaires formées dans la plaine de Rosarno.

forme d'un entonnoir, et le sable humide et incohérent qui se trouvait au centre indiquait le conduit par où l'eau jaillissait. La figure ci-dessus (planche 89) représente une section d'un de ces cônes renversés

après que l'eau eut disparu, et quand il ne resta plus que du sable micacé sec.

Chute des falaises de la mer. — Le long de la côte du détroit de Messine, près du fameux rocher de Scilla, la chute d'énormes masses détachées des hautes et hardies falaises qui bordent ce rivage détermina l'engloutissement de plusieurs villas et de plusieurs jardins. A Gian Greco, une ligne continue de falaises, d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) de long, fut renversée. Souvent, pendant les secousses, on remarqua une agitation extraordinaire dans le lit de la mer, et sur les parties de la côte où le mouvement se fit sentir avec le plus de violence, on prit sans peine une énorme quantité de poissons. Quelques espèces rares, qui restent habituellement enterrées dans le sable, comme celle que l'on nomme « Cicirelli, » vinrent à la surface des eaux, où elles se laissèrent prendre aussi en très grand nombre. On prétend qu'un mouvement d'ébullition se manifesta dans la mer près de Messine, et qu'elle fut agitée comme si d'abondantes vapeurs s'étaient dégagées du fond.

Inondation du rivage près de Scilla. — Le prince de Scilla avait persuadé à une grande partie de ses vassaux de se réfugier sur leurs bateaux de pêche, et lui-même il s'était rendu à bord. La nuit du 5

février, pendant que quelques uns de ceux qui s'étaient mis à l'abri dans ces bateaux, se livraient au sommeil, et que d'autres dormaient aussi sur une plaine unie, légèrement élevée au-dessus de la mer, la terre trembla, et soudain une masse énorme se détacha de la montagne voisine de Jaci, et tomba sur la plaine avec un bruit effroyable. Immédiatement après, la mer s'élevant de plus de vingt pieds (6^{m}) au-dessus du niveau de cette terre basse, s'y précipita en écumant, et entraîna tous ceux qui s'y trouvaient. Elle se retira ensuite, mais pour revenir bientôt encore avec une plus grande violence, et en ramenant avec elle quelques uns des individus et des animaux qu'elle avait entraînés. En même temps, tous les bateaux coulèrent à fond ou se brisèrent contre le rivage, et plusieurs d'entre eux furent emportés au loin dans l'intérieur des terres. Le vieux prince et quatorze cent trente de ses sujets périrent.

Etat du Stromboli et de l'Etna pendant les secousses. — Les habitants de Pizzo remarquèrent que, le 5 février 1783, au moment où la première grande secousse se faisait sentir en Calabre, le volcan de Stromboli, qui est en pleine vue de cette ville, et à cinquante milles (18 lieues) environ de distance, fumait moins et laissait échapper moins de matières

enflammées qu'il n'avait fait pendant les années précédentes. D'un autre côté, on prétend que le grand cratère de l'Etna et le Stromboli rejetèrent une immense quantité de vapeurs, — le premier, vers le commencement des commotions, et l'autre vers la fin. Mais comme aucune éruption ne se manifesta par ces deux grandes ouvertures pendant toute la durée du tremblement de terre, les causes des convulsions de la Calabre, et celles des feux volcaniques de l'Etna et du Stromboli, paraissent être tout-à-fait indépendantes les unes des autres ; à moins cependant qu'elles n'aient la même relation mutuelle que celle qui existe entre le Vésuve et les volcans des Champs Phlégréens et d'Ischia, une violente agitation dans l'un des deux districts servant en quelque sorte de soupape de sûreté à l'autre, et ces volcans n'étant jamais, d'ailleurs, en pleine activité à la fois.

Creusement des vallées. — Le géologue ne peut considérer avec attention l'effet de ce tremblement de terre de 1783, et prévoir les changements auxquels une suite continue de pareils mouvements donnerait lieu dans la condition physique du pays, sans reconnaître que la formation des vallées par l'eau courante ne sera jamais qu'imparfaitement comprise, si l'on élimine de la question l'action des tremblements de terre. Il ne faut pas supposer

que les rivières ne commencent à agir que lorsqu'une contrée est déjà élevée de beaucoup au-dessus du niveau de la mer, car leur action doit nécessairement être plus énergique que jamais lorsque la terre *s'élève* ou *s'abaisse* par des mouvements successifs. Quant à savoir si la Calabre éprouve actuellement un changement considérable dans son niveau relatif par rapport à la mer, ou si, dans son ensemble, elle est à peu près stationnaire, c'est là une question que nos observations, limitées presque entièrement à la moitié du siècle précédent, ne peuvent peut-être pas nous mettre à portée de décider ; mais ce que nous savons, c'est que des strates, contenant des espèces de coquilles identiques avec celles qui vivent aujourd'hui dans les parties voisines de la Méditerranée, ont été élevées dans cette contrée, comme elles l'ont été en Sicile, à la hauteur de plusieurs milliers de pieds.

Or, les géologues qui conviennent que la marche actuelle de la Nature, en ce qui touche au monde inorganique, a toujours été la même depuis que les espèces d'animaux aujourd'hui existants ont commencé à habiter le globe, ne seront point surpris que les courants et les rivières de la Calabre aient creusé dans des strates, comparativement modernes, un grand système de vallées variant en profondeur de cinquante à six cents pieds (15 à 185^{m}), et ayant souvent plusieurs milles de large, s'ils con-

sidèrent combien les tremblements de terre qui ont soulevé ces strates marines récentes jusqu'à une hauteur aussi prodigieuse doivent avoir été nombreux. Quelques spéculateurs, il est vrai, qui ne tiennent aucun compte de l'analogie entre les forces actuelles et les forces anciennes de la Nature, et qui sont toujours prêts à avancer qu'elles étaient plus énergiques jadis qu'à présent, peuvent se dispenser d'admettre une longue suite de mouvements, et supposer que la Calabre « s'éleva comme un jet de vapeur » du sein de l'océan, à la manière du Pandæmonium de Milton. Mais une telle hypothèse les priverait de cette force de déplacement nécessaire pour former un système régulier de profondes et larges vallées; car le *temps*, qu'ils ont tant de répugnance à admettre, est essentiel en ce cas. On doit nécessairement accorder qu'un certain temps s'est écoulé entre chaque convulsion, pour que l'eau courante ait pu entraîner les débris de roches résultant des glissements de terrain : autrement les masses tombées serviraient d'arc-boutants, et empêcheraient le tremblement de terre suivant de produire tout son effet. Il faut, de plus, que les flancs de la vallée soient de nouveau entaillés par le courant, et qu'ils forment des précipices et des falaises surplombantes avant qu'une autre secousse puisse s'effectuer de la même manière que la précédente.

Peut-être la direction de la secousse suivante ne coïncidera-t-elle pas avec celle de la vallée, une grande étendue de la région adjacente étant également ébranlée; mais presque jamais il ne se produira de changements permanents dans la configuration du sol, si ce n'est dans les vallées. Là seulement il se manifestera, sur les flancs des falaises, des glissements de terrain, qui, en élargissant le ravin primitif et en le rendant plus sinueux, détourneront souvent le courant de sa direction ordinaire.

Si une seule commotion d'une violence extrême venait à ébranler tout un bassin hydrographique à la fois, ou si les secousses se suivaient trop rapidement, les vallées préalablement existantes seraient détruites, au lieu d'être modifiées et agrandies. Chaque courant pourrait, dans ce cas, être forcé de recommencer ses opérations, et de se creuser un nouveau lit, au lieu de continuer à approfondir et à élargir le canal déjà formé. Mais si les mouvements souterrains ont été intermittents, et si, entre les secousses les plus fortes, il s'est toujours écoulé des périodes assez longues pour que la circulation des eaux de la contrée se trouve rétablie à peu près dans son état primitif, alors la nature et l'intensité de la force en vertu de laquelle l'eau courante peut creuser des vallées d'une certaine étendue ou d'une

certaine profondeur se trouvent en rapport avec l'élévation au-dessus de la mer que les districts arrosés par cette eau peuvent avoir atteinte.

Lorsque dans certains récits il est question du desséchement des rivières et de l'abandon de leur lit, on doit, en général, entendre par là que ces rivières ont dévié de leur direction accoutumée, pour se creuser un nouveau canal dans quelque autre partie de la même plaine alluviale, située peut-être à plusieurs milles de distance. Quelquefois il arrive qu'un changement de niveau peut forcer l'eau à se rendre dans un bassin hydrographique différent; mais alors elle se jette immédiatement dans quelque autre système de vallées déjà formé.

L'histoire nous apprend que depuis que les premières colonies Grecques s'établirent en Calabre, cette région a été exposée, par suite des tremblements de terre, à d'effroyables ravages; il s'est rarement écoulé plus de dix années, pendant le dernier siècle et demi, sans qu'une secousse ait eu lieu. Et non seulement les convulsions les plus violentes ont été séparées par des intervalles de vingt, de cinquante ou de cent ans, mais, à chacun de leurs retours, elles se sont reproduites sur des points différents. Ainsi, le tremblement de terre de 1783, tout en ne s'étant point étendu au delà des limites géographiques de celui de

1638, et tout en n'ayant pas été beaucoup moins intense, se manifesta, suivant Grimaldi, dans des districts très différents. Or, les points où se développe l'intensité locale de la force souterraine changeant ainsi perpétuellement, il faut nécessairement plus de temps pour que puisse s'opérer le déplacement des fragments de montagne que chaque secousse fait tomber dans le lit des rivières.

Nombre des personnes qui périrent pendant le tremblement de terre. — Le nombre des individus qui périrent pendant le tremblement de terre, en Sicile et dans les deux Calabres, est estimé par Hamilton, à quarante mille à peu près; vingt mille autres succombèrent à la suite d'épidémies occasionnées par l'insuffisance des aliments, par le défaut d'abri contre les intempéries de l'air, et par la *malaria*, fièvre à laquelle avait donné lieu l'eau stagnante des nouveaux lacs et étangs.

Le plus grand nombre des victimes furent ensevelies sous les ruines de leurs maisons; mais beaucoup d'autres aussi moururent consumées dans les incendies qui suivaient presque toujours les secousses. Ces incendies sévirent avec fureur dans quelques villes, telles qu'Oppido, à cause des immenses magasins d'huile qui s'y trouvaient.

Beaucoup de personnes, des paysans entre autres,

qui se trouvèrent surpris en fuyant à travers la campagne, furent englouties dans de profondes fissures, et il se pourrait qu'aujourd'hui leurs squelettes fussent enterrés à plusieurs centaines de pieds au-dessous de la surface du sol.

Quand Dolomieu visita Messine, après la secousse du 5 février, il décrivit la ville comme présentant encore, lorsqu'on l'apercevait de loin, une certaine apparence de son ancienne splendeur. Toutes les maisons étaient endommagées, mais les murs subsistaient encore; la population tout entière s'était réfugiée dans des huttes de bois, près de la ville, dont les rues étaient silencieuses et désertes; il semblait qu'elle eût été ravagée par la peste: aussi Dolomieu éprouva-t-il à son aspect l'impression la plus triste. « Mais, ajoute-t-il, quand je passai en Calabre et que j'aperçus Polistina, la scène d'horreur qui s'offrit à moi me priva presque de l'usage de mes facultés; mon esprit était en proie à un sentiment de terreur mêlé de compassion : rien n'avait échappé; tout était au niveau de terre; pas une seule maison, pas un lambeau de mur ne restait debout; de tous côtés on voyait des monceaux de pierres dont l'aspect ne pouvait faire supposer qu'à la place qu'ils occupaient, une ville eût jamais existé. L'odeur fétide des cadavres s'exhalait du milieu des ruines. Je m'entretins avec plu-

sieurs personnes qui, après avoir été enterrées pendant trois, quatre et même cinq jours, avaient échappé à la mort; je les questionnai sur les sensations qu'elles avaient éprouvées dans une si terrible position, et elles s'accordèrent à dire que de toutes les souffrances physiques qu'elles avaient endurées, la soif était la plus intolérable; et que la crainte d'être abandonnées par leurs amis, qui auraient pu les secourir, ajoutait un supplice horrible à leur agonie (*). »

On suppose que le quart environ des habitants de Polistina, et de quelques autres villes, furent enterrés vivants; mais il est fort probable qu'ils eussent été sauvés si les secours ne leur avaient point manqué. Malheureusement, dans une calamité générale, où chacun était occupé de ses propres malheurs, ou de ceux de sa famille, on ne pouvait que bien rarement obtenir quelque aide. Larmes, prières, promesses des plus généreuses récompenses, tout restait sans effet. Cependant, on cite plusieurs actes de dévouement inspirés soit par la piété filiale, par la tendresse maternelle ou par l'amour conjugal, soit par l'amitié, ou par la reconnaissance de serviteurs fidèles; mais les efforts individuels étaient presque toujours inefficaces. Il

(*) Dissertation sur les Tremblements de Terre de la Calabre, etc., traduite dans les Voyages de Pinkerton, vol. V.

arrivait souvent que des personnes, à la recherche des êtres qui leur étaient le plus chers, entendaient leurs gémissements, reconnaissaient leur voix, étaient certaines de la place exacte où ils se trouvaient enterrés sous leurs pieds, et cela sans pouvoir leur porter aucun secours. La masse compacte qui recouvrait ces malheureux rendait inutiles tous les efforts de ceux qui cherchaient à les délivrer.

A Terranova, quatre moines, de l'ordre des Augustins, qui s'étaient réfugiés dans une sacristie dont la voûte supportait une énorme quantité de décombres, firent entendre leurs cris pendant quatre jours. De tous les frères du couvent, un seul fut sauvé, « grâce à sa force extraordinaire qui lui permit de soulever la masse énorme des débris qui avaient englouti ses compagnons. » Il entendit leur voix s'éteindre peu à peu; et quand, plus tard, les corps de ces malheureux furent retrouvés, leurs bras étaient entrelacés. On rapporte des exemples déchirants de mères qui étaient parvenues à se sauver après cinq, six, et même sept jours d'engloutissement, quand leurs enfants avaient péri de faim.

On suppose naturellement que la vue de pareilles souffrances devait éveiller des sentiments d'humanité et de pitié dans les cœurs les plus barbares; et pourtant, qui le croirait? à part quelques

actes d'héroïsme que l'on cite, rien ne peut donner idée de la conduite infâme à laquelle se livrèrent, en général, les paysans Calabrais : ils abandonnèrent les fermes et accoururent en foule dans les villes, — non pour sauver leurs compatriotes d'une mort tardive, mais pour piller. Sans s'occuper du danger, ils parcouraient les rues, au milieu des murs branlants et des nuages de poussière, foulant aux pieds les corps des blessés et de ceux qui étaient à moitié engloutis, et souvent les dépouillant de leurs vêtements, alors même qu'ils respiraient encore (*).

Dernières remarques et conclusion. — Ce serait trop nous écarter du but de cet ouvrage que d'entrer dans de plus grands détails sur cette affreuse catastrophe; il faudrait, d'ailleurs, plusieurs volumes pour donner au lecteur une juste idée des souffrances que les habitants d'un grand nombre de districts populeux ont éprouvées pendant les tremblements de terre qui eurent lieu dans le cours des cent cinquante dernières années. Une simple mention qui énonce que cinquante mille ou cent mille personnes périrent dans une de ces catastrophes, ne donne aucune idée de toutes les calamités qu'occasionnent

(*) Dolomieu, ouvrage cité, page 365.

souvent de tels événements. C'est aux récits des témoins oculaires à nous apprendre sous quelles formes diverses la mort s'est présentée; le nombre de ceux qui y échappèrent, soit avec quelque membre de moins, soit avec de très graves blessures; et celui des personnes qui, par suite, se trouvèrent privées de toute espèce de ressources, et réduites à la plus extrême pénurie. On a souvent remarqué que ce sont surtout ceux qui ont été le plus fréquemment exposés aux tremblements de terre qui les redoutent le plus; tandis que, dans presque tous les autres dangers, l'habitude du péril rend l'homme intrépide. La raison de ce fait est toute simple : — presque rien n'est imaginaire dans l'appréhension d'un événement de cette nature; le premier choc est souvent le plus destructeur; et, comme il peut se manifester pendant le calme de la nuit, ou sans que rien, lors même que c'est de jour, fasse pressentir son approche, aucune précaution ne saurait en garantir; et quand une fois la secousse a commencé, il n'y a ni adresse, ni courage, ni présence d'esprit, qui puissent faire trouver un lieu de sûreté. Pendant les intervalles plus ou moins longs qui s'écoulent entre les secousses les plus terribles, de légers tremblements du sol se font souvent sentir; et comme ils précèdent quelquefois de plus violentes commotions, ils deviennent une cause terrible

d'anxiété et d'alarme. Or, on conçoit qu'une telle appréhension doive être seule un mal insupportable.

Quoique des sentiments réellement religieux se trouvent souvent éveillés par ces terribles manifestations, il arrive plus ordinairement qu'un état de frayeur habituel, le manque d'espoir d'assistance, et la persuasion de l'inutilité de tous les efforts humains, disposent l'esprit à la superstition la plus démoralisante.

Dans les lieux où les tremblements de terre sont fréquents, il ne saurait jamais y avoir de sécurité parfaite, quant aux propriétés, même sous le meilleur gouvernement; l'industrie ne peut être assurée de recueillir les fruits de son travail; et les actes de violence les plus hardis s'accomplissent quelquefois avec impunité, quand le bras de la loi est paralysé par la consternation générale. Est-il nécessaire d'ajouter que les progrès de la civilisation et le bien-être national doivent nécessairement se trouver retardés par des catastrophes qui renversent les villes, détruisent les ports, rendent les chemins impraticables, couvrent de lacs les plaines les plus fertiles des vallées, ou les encombrent des débris des collines voisines.

Les géologues qui croient qu'à des époques très anciennes, longtemps avant que l'homme habitât la surface de la terre, l'action volcanique était plus

énergique qu'elle ne l'est à présent, devraient avoir soin d'étayer leur opinion des plus strictes données géologiques, et ne pas se laisser dominer, comme ils l'ont fait souvent, par l'idée que la force perturbatrice devait, pour l'amour de l'homme, diminuer d'intensité.

Je tâcherai de montrer dans la suite que la tendance générale des mouvements souterrains, quand leurs effets sont considérés pendant un nombre de siècles suffisant, est éminemment avantageuse, et que ces mouvements constituent une partie essentielle du mécanisme qui maintient l'intégrité de la portion habitable du globe, et protège l'existence et la durée des continents. Pourquoi le travail de ce même système est-il accompagné de tant de maux? C'est un mystère qui dépasse de beaucoup les bornes de notre savoir, et qui, probablement, restera impénétrable, jusqu'à ce qu'il nous soit permis de porter nos recherches non seulement sur notre planète et sur ses habitants, mais sur d'autres parties encore du monde intellectuel et matériel avec lesquelles la terre et l'homme peuvent être liés. S'il était possible que nos observations s'étendissent jusqu'à d'autres mondes, et qu'indépendamment des événements compris dans un petit nombre de siècles, elles embrassassent également ceux qui ont eu lieu dans des espaces de temps

aussi indéfinis que les périodes avec lesquelles la géologie nous a familiarisés, il est à croire que quelques contradictions apparentes disparaîtraient, et que bien des difficultés seraient éclaircies. Mais alors même, comme notre intelligence est finie, tandis que le système de l'univers peut être infini, tant à l'égard du temps que de l'espace, il y aurait présomption à supposer que toutes les causes de doute et d'incertitude seraient à jamais écartées. Peut-être, au contraire, le nombre en augmenterait-il; car on a dit avec raison que plus le cercle de la lumière est grand, et plus s'étendent les limites de l'ombre qui l'entoure (*).

(*) Sir H. Davy's Consolations in Travel, p. 246.

CHAPITRE VIII.

TREMBLEMENTS DE TERRE PENDANT LE DIX-HUITIÈME SIÈCLE.

(*Suite*)

Tremblement de terre de Guatemala, 1773. — Java, 1772. — Troncature d'un cône élevé. — Saint-Domingue, 1770. — Colombie, 1766. Lisbonne, 1755. — Secousses ressenties dans toute l'Europe, l'Afrique septentrionale et les Antilles. — Grande vague. — Baie de la Conception, 1750. — Élévation permanente. — Pérou, 1746. — Kamtchatka, 1737. — Java, 1699. — Rivières barrées par suite de glissements de terrain. — Abaissement du fond de la mer, et de diverses parties voisines des côtes, en Sicile, 1693. — Moluques, 1693. — La Jamaïque, 1692. — Grandes étendues de terrain englouties. — Affaissement d'une portion de Port-Royal. — Somme des changements qui ont eu lieu pendant ces cent cinquante dernières années. — Phénomènes d'élévation et d'abaissement produits dans le Golfe de Bayes. — Preuve d'un phénomène analogue, offerte par le temple de Sérapis.

Dans les chapitres précédents nous n'avons considéré qu'un petit nombre des tremblements de terre qui se sont manifestés pendant les soixante dernières années, et nous ne nous sommes attachés qu'à ceux pour lesquels on possède des descriptions exactes et authentiques. Maintenant nous allons nous livrer à l'examen de quelques événements du même

genre, mais d'une date plus récente, et qui ont fourni des données intéressantes pour la géologie.

Amérique Centrale, juin 1773. — La ville de Guatemala fut bâtie, en 1742, sur le flanc d'un volcan, dans une vallée d'environ trois milles (1 lieue) de large, débouchant dans la Mer du Sud. Neuf ans après, elle fut détruite par un tremblement de terre, — catastrophe qui se renouvela encore en 1773, lors d'une éruption du volcan. Le sol sur lequel la ville avait été construite se fendit, et il s'y produisit de profondes fissures; enfin, après cinq jours de tourmente, Guatemala fut, dit-on, engloutie avec toutes ses richesses et huit mille familles (*). Ce récit, toutefois, doit avoir été exagéré; car M. E. L. Page parle des ruines tombant en poussière de l'ancienne ville, comme se voyant encore en 1831. Celle ci fut abandonnée pendant plusieurs années, mais aujourd'hui elle se trouve repeuplée, et compte douze mille habitants. Quant à la nouvelle ville, située à quatre lieues environ de l'ancienne, sa population peut être estimée à près de 40,000 âmes (**); elle fut aussi fort maltraitée par un tremblement de terre en avril 1830.

(*) Dodsley's Ann. Regist., vol. XVI, p. 149.
(**) Geographical Journal, (Journal Géographique), vol. VIII. p. 321.

Java, 1772. — *Troncature d'un cône élevé.* — En 1772, le Papandayang, autrefois un des volcans les plus élevés de l'île de Java, fit éruption. Avant que les habitants des parties latérales de la montagne eussent eu le temps de fuir, le sol commença à s'affaisser, et une grande partie du volcan s'enfonça et disparut. On estime qu'une étendue de quinze milles (5 lieues) de long sur six (2 lieues) de large, et comprenant la montagne elle-même, fut, par suite de cette commotion, engouffrée dans les entrailles de la terre. Quarante villages furent engloutis, ou ensevelis sous des matières volcaniques; 2957 individus périrent, et un nombre proportionné de bétail, ainsi que la plupart des plantations de cotonniers, d'indigotiers et de caféiers des districts voisins, furent enfouis sous les déjections volcaniques. Cette catastrophe, quoique plus considérable, semble pouvoir se comparer à celle de l'ancien Vésuve, qui eut lieu en 79. La hauteur du cône fut réduite de 9000 pieds (2743^{m}) à 5000 (1521^{m}) environ; et comme des vapeurs se dégagent encore du cratère situé à son sommet, on peut croire qu'un cône nouveau s'élèvera un jour des ruines de l'ancienne montagne, comme le Vésuve moderne s'est élevé des débris de la Somma (*).

(*) Dr. Horsfield, Batav. Trans., vol. VIII, p. 26 Le Dr H. a vu cette montagne tronquée, quoiqu'il n'y soit pas monté,

Le Caucase, 1772. — Vers l'année 1772, un tremblement de terre bouleversa le sol de la province de Beshtau, dans le Caucase, et une partie de la colline de Metshuka s'engouffra dans un abîme (*).

Saint-Domingue, 1770. — Pendant un tremblement de terre effroyable, qui détruisit une grande partie de Saint-Domingue, une multitude de fissures furent produites sur tous les points de l'île; il s'en dégagea des vapeurs méphitiques qui donnèrent lieu à une épidémie. Des *sources chaudes* jaillirent en plusieurs endroits où il n'y avait point d'eau auparavant; mais après un certain temps, elles cessèrent de couler (**).

Colombie, 1766. — Le 21 octobre 1766, le sol fut ébranlé tout à la fois à Cumana, à Caracas, à Maracaybo, et sur les rives du Casanare, du Meta, de l'Orénoque et du Ventuario. Ces districts furent sillonnés de fissures, et des éboulements de terrain considérables eurent lieu dans la montagne de Paurari; la Trinidad fut violemment

et il a eu occasion de s'entretenir avec ceux qui l'ont visitée. Les détails donnés par Raffles, dans son « History of Java » (Histoire de Java), vol. 1., sont empruntés au Dr Horsfield.

(*) Voyages de Pallas dans la Russie Méridionale.

(**) Essai sur l'Hist. Nat. de l'île de Saint-Domingue, Paris, 1776.

ébranlée. Une petite île de l'Orénoque, située dans le voisinage du rocher d'Aravacoto, s'affaissa et disparut (*). En même temps, le fond de la mer se trouva soulevé près de Cariaco, à l'endroit où la Pointe Del Gardo fut élargie. Un rocher apparut aussi dans la rivière de Guarapiche, près du village de Maturin (**); et pendant quatorze mois les secousses continuèrent à être d'une fréquence extrême dans la Colombie.

Hindoustan, 1762. — La ville de Chittagong, dans le Bengale, fut fortement ébranlée par une secousse souterraine, le 2 avril, 1762; la terre s'ouvrit en plusieurs endroits, et il en sortit un mélange d'eau et de boue d'où s'exhalait une odeur de soufre. Dans un endroit appelé Bardavan, une grande rivière fut desséchée; et à Bar Charra, près de la mer, une portion du sol s'enfonça, ce qui occasionna la mort de deux cents personnes et de tout le bétail qui leur appartenait. On dit qu'une partie de la côte de Chittagong, comprenant un espace de soixante milles carrés (près de 8 lieues carrées), s'affaissa subitement et d'une manière permanente,

(*) Humboldt's Personal Narrative, (Relat Hist.), vol. IV. p. 45. — Voir aussi Saggio di Storia Americana, vol. II. p. 6.

(**) Relat. Hist., part. I., p. 307.; et part. II. p. 23.

pendant ce tremblement de terre, et que Ces-lung-Toom, une des montagnes Mug, disparut entièrement, tandis qu'une autre s'abaissa tellement que son sommet seul resta visible. On rapporte aussi que quatre collines furent brisées, et qu'il s'y produisit des crevasses de trente à soixante pieds (9 à 18m) de large. Des villes qui s'enfoncèrent de plusieurs coudées furent inondées d'eau; nous citerons entre autres Deep Gong, qui fut submergée jusqu'à la profondeur de sept coudées. Deux orifices volcaniques s'ouvrirent, dit-on, dans les collines de Secta Cunda. La secousse fut aussi ressentie à Calcutta (*).

Lisbonne, 1755. — Dans aucune partie de la région volcanique de l'Europe méridionale il n'y a eu, pendant les temps modernes, de tremblement de terre aussi terrible que celui qui commença le 1er novembre 1755, à Lisbonne. Un bruit semblable à celui du tonnerre se fit entendre sous terre, et, immédiatement après, une violente secousse renversa la plus grande partie de cette ville; en six minutes environ, soixante mille personnes périrent. La mer se retira d'abord, et mit la barre à sec; puis elle

(*) M' Clellands Report on Min. Resources of India. (Rapport sur les Ressources Minérales de l'Inde, par M' Clelland), 1838. Calcutta.—Voir, pour d'autres détails, les « Phil. Trans. » vol. LIII.

se précipita sur le rivage en s'élevant de cinquante pieds (15m), ou même plus, au-dessus de son niveau ordinaire. Les montagnes d'Arrabida, d'Estrella, de Julio, de Marvan et de Cintra, qui sont au nombre des points les plus élevés du Portugal, furent ébranlées violemment, et, pour ainsi dire, jusque dans leurs fondations; quelques unes d'entre elles s'ouvrirent à leur cime, qui fut fendue et brisée d'une manière vraiment étrange : d'énormes masses s'en détachèrent et tombèrent dans les vallées situées à leur base (*). On prétend que des flammes, qui semblaient de nature électrique, sortirent de ces montagnes, et qu'il s'en dégagea aussi de la fumée; mais il se pourrait que de grands nuages de poussière eussent donné lieu à cette apparence.

Affaissement du quai. — La circonstance la plus extraordinaire qui se soit manifestée à Lisbonne pendant la catastrophe, est l'affaissement d'un nouveau quai tout en marbre, qui avait été bâti à grands frais. Une multitude de personnes s'y étaient réfugiées, pensant qu'elles y seraient à l'abri de la chute des décombres; mais tout-à-coup le quai s'enfonça avec tous ceux qui s'y croyaient en sûreté, et l'on ne revit pas un seul cadavre des victimes de ce

(*) Hist. and Philos. of Earthquakes, (Hist. et Philos. des Tremblements de Terre), p. 317.

terrible événement flotter à la surface des eaux. Un grand nombre de bateaux et de petits bâtiments, amarrés près de là, et remplis de monde, furent engouffrés comme dans un tournant, et jamais aucun débris n'en reparut à la surface (*). Suivant quelques auteurs, la sonde, dans l'ancien emplacement du quai, n'avait pas encore pu atteindre le fond de la mer; mais Whitehurst dit en avoir déterminé la profondeur, qu'il trouva être de cent brasses (**).

Dans ce cas, ou l'on doit supposer qu'une certaine étendue de terrain s'enfonça dans une cavité souterraine, — ce qui aurait produit dans les strates une faille de six cents pieds (183m) de profondeur; — ou bien, il faut, ainsi que quelques personnes l'ont déjà fait, conclure de l'entière disparition de ce qui a été englouti, qu'un abîme s'ouvrit et se referma. Cependant, en adoptant cette dernière hypothèse, on se trouve obligé d'admettre que la partie supérieure de l'abîme resta ouverte après la secousse, jusqu'à la profondeur de cent brasses. Suivant les observations faites à Lisbonne, en 1837, par M. Sharpe, les effets destructeurs de ce tremblement de terre

(*) Rev. C. Davy's Letters. (Lettres du Rev. C. Davy), vol. II. lettre II, p. 12. Cet observateur, qui était à Lisbonne lors de la catastrophe, assure que les bateaux et les vaisseaux que l'on dit avoir été engloutis, ne se retrouvèrent pas.

(**) On the Formation of the Earth. (Sur la Formation de la Terre), p. 55.

furent limités au terrain tertiaire, et c'est sur l'argile bleue qui supporte la partie basse de la ville qu'ils se manifestèrent avec le plus de violence. Pas une seule construction, dit-il, reposant sur le calcaire secondaire ou sur le basalte ne fut endommagée (*).

Espace sur lequel le tremblement de terre s'est fait sentir. — Le grand espace sur lequel sévit le tremblement de terre de Lisbonne est extrêmement remarquable. C'est en Espagne, en Portugal et dans la partie septentrionale de l'Afrique que le mouvement fut le plus violent ; mais le même jour, on en ressentit la secousse dans presque toute l'Europe, et même aux Antilles. Le port de S'-Ubes, situé à vingt milles (7 l.) environ au sud de Lisbonne, fut englouti. A Alger et à Fez, en Afrique, l'agitation du sol fut également très violente ; et à huit lieues de Morocco, un village et ses habitants, au nombre de huit ou dix mille, furent engouffrés avec tout le bétail qui s'y trouvait : bientôt après la terre se referma sur eux.

Secousses ressenties en mer. — Le choc fut ressenti en mer, sur le pont d'un vaisseau, à l'ouest de Lisbonne, et produisit, à très peu de chose près, la même sensation qu'à terre. A la hauteur de

(*) Geol. Soc. Proceedings, n° 60, p. 36. 1838.

St-Lucas, un vaisseau, le Nancy, fut si violemment ébranlé que le capitaine crut avoir touché le fond; mais en jetant la sonde, il reconnut, au contraire, que le bâtiment se trouvait dans une eau très profonde. Par 36° 24′ de latitude N., le Capitaine Clark, en venant de Denia, sentit, entre neuf et dix heures du matin, son vaisseau agité et poussé comme s'il eût frappé contre un rocher; la secousse fut si forte, que les écoutilles du pont s'ouvrirent, et que la boussole fut renversée dans l'habitacle. A quarante lieues à l'ouest de Saint-Vincent, un autre vaisseau éprouva une si violente commotion, que tous ceux qui se trouvaient sur le pont furent soulevés d'un pied et demi (0m,45). A Auligna et à la Barbade, de même qu'en Norwège, en Suède, en Allemagne, en Hollande, en Corse, en Suisse, et en Italie, on ressentit des secousses et le sol éprouva de légères oscillations.

Vitesse du mouvement. — Une agitation extraordinaire se manifesta dans les lacs, dans les rivières et dans les sources de la Grande-Bretagne : ainsi, au lac Lomond, en Écosse, l'eau, sans la moindre cause apparente, s'éleva jusqu'au bord de ce lac, et retomba ensuite au-dessous de son niveau ordinaire. La plus grande hauteur perpendiculaire de cette crue fut de deux pieds quatre pouces

($0^m,71$). On prétend que le mouvement de ce tremblement de terre fut ondulatoire, et que sa vitesse était de vingt milles (7 lieues environ) par minute, — mesure que l'on obtint en comparant les intervalles qui s'écoulèrent entre le moment où le premier choc fut ressenti à Lisbonne, et celui où il se manifesta en d'autres lieux éloignés (*).

Grande vague et retraite de la mer. — Une grande vague balaya les côtes d'Espagne, et atteignit, dit-on, jusqu'à soixante pieds (18^m) de hauteur à Cadix. A Tanger, en Afrique, elle s'éleva et s'abaissa dix-huit fois successivement sur la côte. A Funchal, dans l'île de Madère, elle dépassa de quinze pieds ($4^m,6$), mesurés verticalement, la marque des hautes eaux, quoique la marée, qui s'élève et s'abaisse de sept pieds (2^m) en ce lieu, fût alors à moitié de sa course descendante. De plus, elle entra dans la ville, y fit de grands ravages, et inonda d'autres ports de l'île. A Kinsale, en Irlande, une masse d'eau pénétra dans le havre; elle tourbillonna autour de plusieurs vaisseaux, et se précipita avec violence sur la place du marché.

Nous avons déjà vu qu'à Lisbonne la mer s'était retirée au moment du phénomène; or, cette ré-

(*) Michell, On the Cause and Phenomena of Earthquakes, (Sur la Cause et sur les Phénomènes des Tremblements de Terre, par Michell), Phil. Trans., vol. LI. p. 566. 1760.

traite de l'océan, au commencement d'un tremblement de terre, suivie de son retour sous la forme d'une vague impétueuse, est une circonstance qui se reproduit souvent. Pour l'expliquer, Michell suppose une dépression du fond de la mer, résultant de l'enfoncement de la partie supérieure de quelque cavité, dû lui-même au vide produit par la condensation de la vapeur. Il pense qu'une telle condensation pourrait être le premier effet de l'introduction d'une masse d'eau considérable dans des fissures et dans des cavités déjà remplies de vapeur, avant qu'il se soit écoulé un temps suffisant pour que la chaleur de la lave incandescente ait pu vaporiser une aussi grande quantité d'eau, — circonstance qui, ne tardant point à s'accomplir, donne lieu à une forte explosion.

Une autre explication a été proposée : — on admet d'abord le soulèvement subit de la terre ferme, et, par suite, l'abandon immédiat de l'ancienne ligne de côte par la mer; puis, on suppose que si le rivage, après avoir été ainsi élevé, retombait à son niveau primitif, l'océan reviendrait à sa place. Cette théorie, toutefois, ne rend pas compte des faits observés pendant le tremblement de terre de Lisbonne; car la retraite de la mer précéda la vague, non seulement sur la côte de Portugal, mais aussi à l'île de Madère, et en plusieurs autres

lieux. Si le soulèvement de la côte de Portugal avait occasionné la retraite des eaux, leur mouvement, en se propageant jusqu'à Madère, aurait donné naissance à une vague avant que la retraite n'eût lieu. Le mouvement des eaux à Madère ne pouvait pas non plus être attribué à un autre tremblement de terre local, car le choc parcourut l'espace qui sépare Lisbonne de Madère en deux heures, ce qui s'accorde avec le temps qu'il mit à atteindre d'autres points également éloignés (*).

On a aussi essayé de résoudre le problème de la manière suivante : — supposons qu'une portion du lit de la mer soit subitement soulevée, — le premier effet qui en résultera sera d'élever au-dessus de la partie exhaussée une masse d'eau que sa force vive entraînera à un niveau de beaucoup supérieur à celui qu'elle prendra ensuite, — circonstance qui donne lieu à la retraite de l'océan, c'est-à-dire à son éloignement des rivages voisins, suivi immédiatement du retour de l'eau déplacée, qui, dans ce nouveau mouvement, sera aussi poussée, en vertu de sa vitesse acquise, beaucoup plus loin et plus haut sur la côte qu'elle ne s'y trouvait à son ancien niveau (**).

(*) Michell, Phil. Trans., vol. II. p. 614.

(**) Quarterly Review (Revue Trimestrielle), n° LXXXVI. p. 459.

M. Darwin, en parlant de vagues semblables qu'on observe sur la côte du Chili, dit que l'ensemble du phénomène est dû à une ondulation ordinaire telle que celles qui se forment dans l'eau, lorsqu'elles proviennent d'une ligne ou d'un point d'ébranlement situé à quelque distance. Si l'on observe, ajoute-t-il, les vagues produites par le mouvement des palettes d'un bâtiment à vapeur quand elles viennent se briser sur la rive inclinée d'une rivière tranquille, on voit l'eau se retirer d'abord de deux ou trois pieds (61 et 91c), puis revenir sous forme de petits brisants, tout-à-fait analogues à ceux qui résultent d'un tremblement de terre. Les vagues de tremblements de terre ne se produisent quelquefois qu'après la secousse, l'eau se retirant d'abord des rivages du continent et des îles placées aux extrémités, et revenant ensuite en formant d'énormes brisants, dont, toutefois, le volume est modifié par la configuration de la côte voisine; car on a reconnu dans l'Amérique du Sud que des lieux situés à l'entrée de baies remplies de hauts fonds ont été extrêmement maltraités, tandis que des villes comme Valparaiso, placées tout-à-fait sur le bord d'une mer profonde, n'ont jamais été submergées, quoique fortement ébranlées par des tremblements de terre (*).

(*) Darwin's Travels in South America, etc. 1832 to 1836.

Saint-Domingue, 1751. — Le 15 septembre 1751, un tremblement de terre commença à se faire sentir en plusieurs points des Antilles; et le 21 novembre, une violente secousse détruisit le Port-au-Prince, capitale de Saint-Domingue. La côte s'enfonça sur une longueur de vingt lieues, et cette étendue a toujours depuis formé, dans la mer, une baie (*).

Chili, 1751. — Le 24 mai 1751, l'ancienne ville de La Conception, appelée aussi Penco, fut entièrement détruite par un tremblement de terre, et la mer la recouvrit (voyez le plan du golfe, Fig. 76, p. 277). L'ancien port devint complétement inutile, et les habitants bâtirent une autre ville à dix lieues environ du rivage, afin de n'être plus exposés à d'autres inondations semblables. Vers le même temps, une colonie récemment établie sur les côtes de Juan-Fernandez fut presque entièrement engloutie par une vague qui vint se briser sur le rivage.

Nous avons déjà vu qu'en 1835, ou quatre-vingt-quatre ans après la destruction de Penco, la même

Voyage of H. M. S. Beagle. (Journal des Voyages de Darwin dans l'Amérique du Sud, de 1832 à 1836. Voyage du Beagle), vol. III, p. 377.

(*) Histoire de l'Acad. des Sciences, 1752, Paris.

côte fut engloutie par une vague semblable, qui s'élança de la mer pendant un tremblement de terre. On sait aussi que vingt et un ans auparavant (en 1730), une petite vague s'était précipitée sur ces rives malheureuses, et avait occasionné la mort de plusieurs individus. Une revue rétrospective de catastrophes semblables a été poussée jusqu'en 1590 (*), époque au-delà de laquelle les seules données que l'on possède n'ont été transmises que par la tradition orale. Molina, qui a recueilli les légendes et les récits relatifs aux coutumes des Aborigènes, dit qu'une tradition en vigueur chez les Indiens Araucaniens, — tribu qui habite la région située entre les Andes et la mer Pacifique, qu'on nomme aujourd'hui le Chili, — faisait mention d'un déluge effroyable dont les atteintes n'épargnèrent qu'un très petit nombre de personnes qui s'étaient réfugiées sur une haute montagne à trois pitons, et appelée Thegtheg, « la Tonnante. » Chaque fois qu'un tremblement de terre violent se manifeste, les Indiens vont chercher un abri sur les montagnes, craignant, disent-ils, qu'après la secousse, la mer ne déborde et n'inonde les terres basses (**).

(*) Voyez l'ouvrage du père Acosta; et Sir Woodbine Parish, Geol. Soc. Proceedings, vol. II, p. 215.

(**) Molina, Hist. of Chili. (Histoire du Chili par Molina, vol. II. p. 93.

Malgré la tendance de plusieurs auteurs de son temps à rapporter tous les déluges traditionnels à une période fort ancienne, Molina remarque que ce déluge des Araucaniens « fut probablement très différent de celui de Noé. » Bien que nous n'ayons aucun moyen d'évaluer le temps pendant lequel cette tribu habita le Chili, nous ne pouvons guère douter, si les informations qu'elle nous a transmises remontent seulement à trois ou quatre siècles, que plusieurs débordements de la mer n'aient dû avoir lieu dans cet espace de temps. Mais le souvenir d'une suite d'événements physiques, semblables quant à leur nature, quoique différents à l'égard des temps où ils se sont produits, ne peut jamais se conserver chez un peuple dépourvu d'annales écrites. Avant que deux ou trois générations aient passé, toutes les dates sont oubliées; les événements eux-mêmes le sont aussi, à moins qu'ils n'aient servi d'origine à quelques coutumes ou à quelques cérémonies et rites religieux. Souvent les incidents relatifs à plusieurs tremblements de terre et à plusieurs déluges différents sont confondus dans le même récit; et dans ce cas, la catastrophe principale est décrite en termes si exagérés, ou bien elle est tellement défigurée par des fictions religieuses, qu'elle se trouve tout-à-fait sans valeur aux yeux de l'antiquaire ou du philosophe.

Preuves d'un exhaussement de vingt-quatre pieds (7m,3). — Pendant une reconnaissance exécutée récemment à la Baie de la Conception, les Capitaines Beechey et Belcher ont reconnu que l'ancien port où s'abritaient autrefois tous les vaisseaux marchands qui doublaient le cap, est actuellement occupé par un récif de grès, dont, au moment des basses eaux, certains points dépassent le niveau de la mer, la plus grande partie de ce récif se trouvant à une profondeur très peu considérable. Un espace d'un mille et demi (½ l.) de longueur, où, suivant le rapport des habitants, l'eau avait autrefois quatre ou cinq brasses de profondeur, forme aujourd'hui un haut-fond, consistant, ainsi que nos hydrographes l'ont constaté, en un grès dur, — ce qui ne permet pas de supposer qu'il doit sa formation à des dépôts récents de la rivière Biobio, dont un bras entraîne du sable micacé incohérent dans la même baie.

Il est impossible, après un tel intervalle de temps, d'affirmer que le lit de la mer s'est élevé de vingt-quatre pieds (7m,3), pendant le seul tremblement de terre de 1751, car d'autres mouvements peuvent s'être produits ultérieurement; mais on dit que jamais, depuis la secousse de 1751, aucun vaisseau n'a pu s'approcher d'un mille et demi (½ l.) de l'ancien port de Penco. (Voyez la carte, page 277.)

Comme preuve de l'ancienne élévation de la côte dans le voisinage de Penco, nous citerons la découverte que les ingénieurs, chargés d'exécuter la reconnaissance de cette côte, ont faite au-dessus de la marque des hautes eaux, d'un énorme lit de coquilles appartenant aux mêmes espèces que celles qui vivent actuellement dans la baie, et remplies de sable micacé analogue à celui que la rivière Biobio y amène aujourd'hui. Ces coquilles, ainsi que quelques autres, dont les collines voisines de micaschiste sont couvertes jusqu'à la hauteur de plusieurs centaines de pieds, ont dernièrement été examinées à Londres par des conchyliologistes habiles, et reconnues identiques avec celles qui furent recueillies en même temps à l'état vivant dans la baie et dans son voisinage (*).

Ulloa a donc été parfaitement exact en disant qu'à diverses hauteurs au-dessus de la mer, entre Talcahuano et La Conception, « on trouva des dépôts de diverses sortes de coquilles exploités pour faire de la chaux, et que ces coquilles appartenaient précisément aux mêmes espèces que celles de la mer voisine. » Dans le nombre, il cite la grande bivalve appelée « Choros », et deux autres qu'il décrit. Quelques

(*) Le Capitaine Belcher m'a montré ces coquilles, et la collection en a été examinée par M. Broderip.

unes, dit-il, sont entières et d'autres sont brisées; elles se rencontrent au fond de la mer, à quatre, six, dix ou douze brasses de profondeur, où elles adhèrent à une plante marine que l'on nomme « Cochayuyo ». On les prend dans des drèges, et elles n'ont aucune ressemblance avec celles que l'on trouve sur le rivage ou dans les eaux peu profondes; cependant on en rencontre des lits à diverses hauteurs sur les collines. « La vue de ces coquilles, ajoute-t-il encore, excita d'autant plus mon intérêt qu'elles me parurent être une preuve convaincante de l'universalité du déluge, bien que quelques auteurs aient attribué leur position à d'autres causes (*). » On a prétendu, toutefois, que les fondations du château de Penco étaient si basses en 1835, ou si peu élevées au-dessus des grandes marées les plus hautes, que cela renversait toute idée de soulèvement permanent dans les temps modernes, sur l'emplacement de cet ancien port; mais aucune mesure, ni aucun nivellement exacts ne paraissent encore avoir été exécutés pour établir la détermination de ce fait, qui mérite d'autant plus de fixer l'attention des observateurs qu'il serait de nature à répandre quelque clarté sur une opinion souvent émise dans ces dernières années, — savoir,

(*) Ulloa's Voyage to South America. (Voyage d'Ulloa dans l'Amérique du Sud, vol. II, livre VIII, chap. VI.)

que la côte du Chili tend, après chaque soulèvement, à s'abaisser graduellement et à revenir à son ancienne position.

Pérou, 1746 — Le 28 octobre 1746, on ressentit au Pérou un tremblement de terre effroyable. Pendant les vingt-quatre premières heures, on compta deux cents secousses. Deux fois l'océan s'éloigna du rivage, puis s'y précipita de nouveau avec une impétuosité terrible : Lima fut détruite, et une partie de la côte, près de Callao, se trouva transformée en un golfe : quatre autres ports, parmi lesquels étaient Cavalla et Guanape, partagèrent le même sort. Sur vingt-trois bâtiments, grands et petits, qui se trouvaient dans le port de Callao, dix-neuf coulèrent à fond. Les quatre autres, au nombre desquels il y avait une frégate, la Saint-Fermin, furent entraînés par la force des vagues jusqu'à une grande distance dans l'intérieur des terres, puis laissés à sec à des hauteurs considérables au-dessus de la mer. Le nombre des habitants de Callao s'élevait à quatre mille, dont deux cents seulement furent sauvés; vingt-deux d'entre eux trouvèrent leur salut sur un petit fragment du fort de la Vera-Cruz, qui seul fut épargné, et resta comme unique souvenir de la ville après cette terrible inondation. D'autres portions de l'emplacement qu'elle

avait occupé furent entièrement recouvertes de sable et de gravier.

Un volcan de Lucanas fit éruption pendant la même nuit ; et son cône rejeta une si grande quantité d'eau que toute la contrée en fut inondée. Près de Pataz, dans la montagne nommée «Conversiones de Caxamarquilla», trois autres volcans éclatèrent, et d'énormes torrents d'eau s'en échappèrent aussi (*).

On cite plusieurs exemples de commotions plus anciennes qui eurent lieu dans le Pérou, et qui furent accompagnées d'incursions semblables de la mer. Une de ces convulsions s'était manifestée cinquante-neuf ans auparavant (en 1687) ; ce fut alors, suivant Ulloa, que l'océan, après s'être retiré d'abord, se précipita sur le rivage comme une vague énorme, et engloutit Callao ainsi que ses environs et tous les malheureux habitants qui s'y trouvaient (**). Suivant Lionel Wafer, cette même vague entraîna plusieurs vaisseaux à une lieue de distance dans l'intérieur des terres, et fit périr les hommes et le bétail sur une étendue de cinquante lieues le long du rivage (***). Diverses inondations, remontant à des époques encore plus anciennes, sont mentionnées

(*) Ulloa's Voyage, vol. II, livre VII, chap. VII.

(**) Id., vol. II, p. 82.

(***) Wafer, cité par Sir W. Parish, Geol. Soc. Proceedings, vol. II, p. 215.

avec le plus grand soin par Ulloa, Wafer, Acosta et plusieurs autres auteurs, qui les décrivent comme ayant exercé leurs ravages, les unes, sur telle partie de la côte, et les autres, sur telle autre.

Mais tous les récits authentiques cessent lorsqu'on remonte à l'époque de la conquête du Pérou par les Espagnols. Les anciens Péruviens, quoique fort éloignés de l'état de barbarie, n'avaient point d'annales écrites, et ne pouvaient, par conséquent, conserver un souvenir bien précis d'une longue suite d'événements naturels. Ils possédaient pourtant, suivant Antonio de Herrera, qui, dans le commencement du dix-septième siècle, étudia avec soin leurs antiquités, une tradition dans laquelle il était dit « que plusieurs années avant le règne des Incas, à une époque où le pays était très peuplé, il y eut une grande inondation ; que la mer alors franchissant ses limites, la terre fut couverte d'eau, et que tous ceux qui habitaient cette région périrent. Les Guacas, tribu qui occupait la vallée de la Xauxa, et les naturels de Chiquito, dans la province de Callao, ajoutèrent à cela que quelques individus qui s'étaient retirés dans les anfractuosités et dans les cavernes des plus hautes montagnes, furent épargnés et repeuplèrent le pays. Les habitants de la montagne affirment que tout le monde périt par suite de cette inondation, à l'exception de six personnes qui

se sauvèrent sur un radeau, et devinrent, dans cette contrée, la souche d'une nouvelle génération (*).

Sur la terre ferme près de Lima, et dans l'île voisine de San-Lorenzo, M. Darwin a trouvé des preuves qui attestent le soulèvement de l'ancien lit de la mer à plus de quatre-vingts pieds (24m) au-dessus du niveau des eaux depuis l'apparition de l'homme à la surface du globe. Ces preuves lui furent offertes par les strates situées à cette hauteur, et renfermant des fragments de coton filé et du jonc tressé, mêlés avec des plantes et des coquilles marines (**). M. Gille, ingénieur civil, informa M. Darwin qu'il avait découvert, dans l'intérieur du pays, entre Casma et Huaras, près de Lima, le lit abandonné d'une grande rivière, creusé parfois dans une roche solide, et dont la pente, au lieu de remonter constamment du côté de sa source, descend, au contraire, en un certain point, très rapidement dans cette direction, — circonstance qu'explique la chaîne ou ligne de collines soulevée précisément en travers du lit du courant, qui, aujourd'hui, se trouve voûté. Par suite de ces changements, les eaux ont pris un autre cours; et un district, jadis fertile, encore cou-

(*) Hist. of America, decad. III, livre XI, chap. I.
(**) Darwin's Journal, p. 451.

vert de ruines, et portant les marques évidentes d'une ancienne culture, a été converti en désert (*).

Kamtschatka, 1737, etc.—On cite plusieurs tremblements de terre qui eurent lieu au Kamtschatka et aux îles Kouriles, en 1737, — à la Martinique, en 1727, — en Islande, en 1725, — à Ténériffe, en 1706, — et pendant lesquels la forme du sol, tant au-dessus qu'au-dessous du niveau de la mer, a subi des changements considérables.

Java, 1699. — Le 5 janvier 1699, un tremblement de terre effroyable se fit sentir à Java, et l'on compta jusqu'à 208 secousses très fortes. Plusieurs maisons furent renversées à Batavia, d'où l'on voyait les flammes et d'où l'on entendait le bruit d'une éruption volcanique, qui, ainsi qu'on le reconnut ensuite, se manifestait au mont Salak (**), volcan situé à six journées de distance. Le matin suivant, la rivière qui arrosait Batavia et prenait sa source dans cette montagne se gonfla, devint trouble, et charria une multitude d'arbustes et d'arbres à demi brûlés. Le lit de la rivière étant barré, l'eau inonda le pays, et se répandit autour des jardins situés près de la ville, et dans quelques rues, de

(*) Darwin's Journal, p. 413.
(**) Hooke's Account (Relation de Hooke).

sorte qu'on y voyait une multitude de poissons morts. Le limon qui troublait les eaux fit aussi périr tout le poisson qui restait dans la rivière, à l'exception des carpes. Un grand nombre de buffles, de tigres, de rhinocéros, de daims, de singes, et d'autres animaux sauvages, furent entraînés par le courant; et, ainsi que Hooke l'observe, « quoique le crocodile soit amphibie, plusieurs de ces reptiles furent trouvés morts parmi les autres animaux (*). »

Il a été constaté que sept collines servant de limite à la rivière furent renversées; et l'on doit entendre par là, comme par ce qui a été dit dans la description des tremblements de terre de la Calabre, que sept grands glissements de terrain eurent lieu. Ces collines, dont les unes descendirent d'un des côtés de la vallée, et les autres de la pente opposée, remplirent le lit de la rivière; les eaux alors, se frayant un passage au-dessous de la masse, devinrent troubles et bourbeuses. Le cours de la rivière Tangaran fut également intercepté par la chute de neuf collines, et par la grande quantité d'arbres que ses eaux avaient entraînés. On prétend aussi que sept de ses affluents furent « envahis par les terres. » Une vaste étendue de forêt, située entre les deux grandes rivières dont nous avons déjà parlé,

(*) Hooke's Posthumous Works (Œuvres Posthumes de Hooke), p. 437. 1705.

est décrite comme ayant été transformée en un terrain mis à nu, sans arbres, et dont la surface était couverte d'une argile rouge très fine. Il serait possible que cette portion du récit s'appliquât seulement au glissement de quelques parties boisées dans les vallées, et que les effets produits par ce phénomène fussent analogues à ceux qui, en 1783, résultèrent, dans la Calabre, du déplacement de plusieurs pièces de terre considérables, plantées de vigne et d'oliviers. L'accumulation compacte des grands arbres qui se trouvent dans la rivière de Batavia est extrêmement remarquable en ce qu'elle atteste de la manière la plus frappante la destruction du sol qui bordait les vallées, — circonstance qu'on ne peut attribuer qu'à des inondations et à des glissements de terrain (*).

Quito, 1698. — Pendant un tremblement de terre qui eut lieu le 19 juillet 1698, dans la province de Quito, une grande partie du cratère et du sommet du volcan de Carguairazo s'écroula, et un courant d'eau et de boue sortit des flancs brisés de la colline (**).

Sicile, 1693. — En 1693, des secousses de tremblements de terre se firent sentir dans toute la

(*) Phil. Trans., 1700.
(**) Humboldt, Atl. Pit., p. 106.

Sicile, et le 11 janvier, la ville de Catane ainsi que quarante-neuf autres points furent complétement détruits ; il périt près de cent mille personnes. Le fond de la mer, dit Vicentino Bonajutus, s'abaissa considérablement, aussi bien dans les ports que dans les baies fermées et dans les parties ouvertes de la côte, et l'eau bouillonna sur les bords du rivage. Un grand nombre de fissures, assez étendues en longueur, et dont la largeur était variable, s'ouvrirent et projetèrent de l'eau sulfureuse. Une d'elles, que l'on observait dans la plaine de Catane, — le delta du Simeto, — à quatre milles (1 $\frac{1}{3}$ lieue) de la Méditerranée, émit de l'eau aussi salée que celle de la mer. Les constructions en pierre d'une des rues de la ville de Noto s'enfoncèrent dans le sol, sur une étendue d'un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) de long, en restant suspendues d'un côté. Dans une autre rue, il se fit une ouverture assez grande pour engloutir un homme et un cheval (*).

Iles Moluques, 1693.—La petite île de Sorea, qui consiste en un grand volcan, fit éruption en 1693. Différentes parties du cône s'écroulèrent successivement, et tombèrent dans un cratère profond ; enfin, près de la moitié de l'île fut convertie en un

(*) Phil. Trans, 1693. — 4.

lac de feu. La plupart des habitants se réfugièrent à Banda; mais d'énormes fragments de la montagne continuant à tomber, le lac de lave s'agrandit considérablement, et la population tout entière fut forcée d'émigrer. On a remarqué qu'à mesure que ce lac brûlant augmentait d'étendue, les tremblements de terre diminuaient d'intensité (*).

La Jamaïque, 1692. — En 1692, l'île de la Jamaïque fut ravagée par un violent tremblement de terre; le sol se gonflait et se soulevait comme une mer agitée, et il était en outre sillonné par une multitude de fissures. Souvent on voyait deux ou trois cents de ces crevasses s'ouvrir à la fois, puis se refermer subitement. Un grand nombre de personnes se trouvèrent ainsi englouties; quelques unes ne furent ensevelies qu'à moitié, c'est-à-dire, qu'une partie de leur corps restait en dessus du sol, tandis que l'autre était en dessous; plusieurs autres avaient la tête seule hors de terre; d'autres, enfin, après avoir été englouties, se trouvaient rejetées à la surface du sol avec de grandes quantités d'eau. Les dégâts furent tels, que même à Port-Royal, alors capitale de la Jamaïque, où l'on dit qu'il resta plus de maisons debout que dans tout le reste de l'île, les trois quarts des bâtiments s'enfoncèrent entièrement

(*) Phil. Trans., 1693.

sous l'eau avec le sol qui les supportait et avec tous leurs habitants.

Affaissement du port. — Les grands magasins situés sur le côté du port s'affaissèrent de vingt-quatre, trente-six et quarante-huit pieds (7m,3 — 11m — et 14m,6) sous l'eau ; cependant plusieurs d'entre eux paraissent être restés debout ; car on a constaté qu'après le tremblement de terre, les têtes de mât de plusieurs vaisseaux qui avaient échoué dans le port se voyaient au-dessus des vagues, ainsi que le sommet des cheminées des maisons. Une étendue de terre, d'un millier d'acres environ, qui entourait la ville, s'enfonça en moins d'une minute, pendant la première secousse, et la mer se précipita aussitôt sur l'emplacement qu'elle avait occupé. *Le Cygne*, frégate qui était en radoub dans le port, fut lancée sur le faîte de plusieurs édifices, puis rejetée sur un des toits, où elle se brisa. La largeur d'une des rues fut doublée, dit-on, par suite du tremblement de terre.

Suivant M. de la Bèche, la partie de Port-Royal que l'on dit s'être enfoncée, était bâtie sur un sol sableux nouvellement formé, dans lequel on avait planté des pilotis ; et il attribue au peu de solidité du sable qui constituait ce terrain, et qui supportait la

charge de bâtiments fort pesants, l'affaissement dont il s'agit (*).

La Calabre et divers autres lieux ont offert des exemples de glissements de terrains où les maisons sont restées debout : or, il serait fort possible que des circonstances semblables se fussent produites à Port-Royal. Le fait, du moins, de la submersion ne peut être mis en doute ; car l'Amiral Sir Charles Hamilton m'a assuré avoir vu souvent, dans le cours de l'année 1780, les maisons de Port-Royal submergées, dans cette partie du port qui est située entre la ville et le mouillage ordinaire des bâtiments de guerre. Bryan Edwards dit aussi, dans son histoire des Indes Occidentales, qu'en 1793, les « ruines » se voyaient, en temps clair, des bateaux qui naviguaient au-dessus (**). Enfin, le Lieutenant B. Jeffery, de la marine royale, m'a appris que de 1824 à 1835, pendant qu'il se livrait à des travaux de reconnaissance, il visita plusieurs fois le point en question, où il trouva de quatre à six brasses d'eau, et où, chaque fois que le vent était faible, il apercevait des traces distinctes de maisons. Il les voyait plus nettement encore en se servant de

(*) Manual of Geol. (Manuel de Géologie), p. 133 de la seconde édition, et p. 165 de la traduction française, Paris, 1833.

(**) Vol. I, p. 235. Ed. in-8. 3 vol. 1801.

l'instrument que l'on nomme « l'œil du plongeur, » et que l'on place au-dessous des ondulations de la vague (*).

A la Jamaïque, la terre s'ouvrit, dit-on, en plusieurs milliers d'endroits. Dans le nord de l'île, plusieurs plantations furent englouties avec leurs habitants, et à la place, il se forma un lac de plus de mille acres d'étendue; ce lac ensuite se dessécha, ne laissant que du sable et du gravier sur l'emplacement qu'il avait occupé, et où rien n'indiquait qu'il y eût jamais eu des arbres ou des maisons. Plusieurs métairies furent ensevelies à Yallows sous des terrains glissants; et une plantation se trouva transportée à un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de l.), sans que ses récoltes en souffrissent en aucune manière. Entre la Ville Espagnole et la promenade de Seize-milles, les rochers élevés et à pic qui bordaient la rivière s'écroulèrent. Par suite, celle-ci, se trouvant barrée, déborda et inonda pendant neuf jours la promenade de Seize-milles, ce qui fit supposer que le sol sur lequel elle reposait s'était affaissé comme celui de Port-Royal. » Mais à la fin, les eaux se retirèrent, la rivière s'étant frayé une nouvelle issue à une grande distance de son ancien lit.

Déchirements de montagnes. — Les montagnes

(*) Lettre à l'Auteur, mai 1838.

Bleues et diverses autres chaînes très élevées passent pour avoir été extraordinairement bouleversées et déchirées. Elles paraissaient brisées et à moitié dénudées, et n'offraient plus le même aspect qu'autrefois, ayant été privées de leurs forêts et de la verdure naturelle qui les recouvraient. Les rivières qui sortent de ces montagnes cessèrent d'abord de couler pendant vingt-quatre heures; puis elles entraînèrent dans la mer, à Port-Royal et dans divers autres lieux, plusieurs centaines de milliers de tonnes de bois de construction, qui apparaissaient comme des îles flottantes sur l'océan. Les arbres étaient, en général, dépouillés de leur écorce, la plupart des branches ayant été détachées du tronc pendant la descente. Il est rapporté dans la narration de ce tremblement de terre, comme dans tant d'autres relations du même genre, que pendant les secousses, le poisson se laissait prendre en abondance sur la côte. Les correspondants de Sir Hans Sloane, qui recueillirent avec le plus grand soin les rapports des témoins oculaires sur la catastrophe, font sans cesse mention d'*abaïssements;* quelques uns ont supposé que la Jamaïque tout entière s'était affaissée (*).

Réflexions sur l'ensemble des changements qui

(*) Phil. Trans., 1694

se sont produits pendant les cent cinquante dernières années. — Jusqu'à présent, je me suis borné à énumérer les tremblements de terre qui, pendant les cent cinquante dernières années qui viennent de s'écouler, ont fourni des faits propres à éclairer quelque question géologique. Lors même que les limites de cet ouvrage me permettraient d'examiner tous les récits obscurs et douteux des événements semblables qui sont arrivés dans les temps anciens, cette tâche n'aurait réellement ni intérêt ni utilité. Cependant, si les lieux où se sont passées ces catastrophes étaient explorés aujourd'hui par des géologues habiles dans l'art d'interpréter les monuments propres à indiquer les changements physiques qu'une région a éprouvés, un grand nombre d'événements qui se sont manifestés dans les temps historiques pourraient encore être déterminés avec précision. Il ne faut pas croire que dans l'esquisse que je viens de tracer des phénomènes observés dans un court espace de temps, j'aie fait mention de toutes les modifications que la terre a subies par l'effet des mouvements souterrains, ou même seulement de la plupart d'entre elles. Ainsi, le tremblement de terre d'Alep et celui de Syrie, qui ont eu lieu, le premier dans le courant du siècle actuel, et l'autre vers le milieu du dix-huitième siècle, auraient sans doute révélé de nombreux phénomènes,

d'une très grande importance pour la géologie, s'ils eussent été décrits par des observateurs suffisamment instruits. Les secousses que l'on ressentit en Syrie, pendant l'année 1759, durèrent trois mois, et se propagèrent sur une étendue de dix mille lieues carrées, — espace en comparaison duquel celui qu'embrassa le tremblement de terre de la Calabre, en 1783, est tout-à-fait insignifiant. Acre, Saphad, Balbek, Damas, Sidon, Tripoli et diverses autres villes, furent presque entièrement rasées. Plusieurs milliers d'habitants périrent dans chacune de ces villes; et, dans la vallée de Balbek seule, vingt mille individus furent, dit-on, victimes de la commotion. En l'absence de tout rapport scientifique, il serait aussi peu utile au but que nous avons en vue d'entrer dans des détails circonstanciés à l'égard de ces catastrophes, que de suivre les traces d'une armée envahissante, pour énumérer les villes brûlées ou rasées par elle, et pour évaluer le nombre d'individus qui périrent par la famine ou par l'épée.

Insuffisance des documents historiques. — Si telle est donc la somme des changements bien constatés qui ont eu lieu dans l'espace du dernier siècle et demi, malgré le très petit nombre de documents recueillis pendant cette courte période, quelle im-

portance ne devons-nous pas attribuer aux révolutions physiques qui se sont manifestées dans le cours des trente ou quarante siècles pendant lesquels plusieurs régions souvent bouleversées par des tremblements de terre ont été habitées par des nations civilisées ! Des villes englouties pendant un tremblement de terre peuvent, par suite de chocs répétés, se trouver à de grandes profondeurs au-dessous de la surface, et les ruines rester impérissables comme les roches les plus dures dans lesquelles elles sont renfermées. Des édifices et des villes, submergés temporairement par des mers et des lacs, et couverts de dépôts sédimentaires, doivent, en quelques points, avoir été réélevés à des hauteurs considérables au-dessus du niveau de l'océan. De plus, les signes qui révèlent ces événements sont probablement devenus visibles par suite de quelques changements ultérieurs, tels que des envahissements de la mer sur la côte, de profondes excavations produites par des torrents et par des rivières, l'ouverture de nouveaux ravins et de nouvelles cavités, et divers autres effets résultant d'agents naturels, qui sont si énergiques dans les régions sujettes à des mouvements souterrains.

Si, admettant que de tels faits existent réellement, on demande pourquoi un si petit nombre d'entre eux ont été mis au jour jusqu'à présent, nous

répondrons que c'est uniquement parce qu'on ne s'est point appliqué à en découvrir les traces. Pour tirer de l'oubli les monuments d'anciens événements, l'observateur doit savoir d'abord ce que raisonnablement il peut espérer de trouver; puis, sous quelles circonstances locales particulières ses recherches offrent le plus de chances de succès; enfin, il doit connaître l'action et l'effet des causes physiques, afin d'être à portée de distinguer, d'expliquer et de décrire avec exactitude les phénomènes qui se présentent à lui.

Des grandes régions volcaniques dont les limites ont été tracées dans le premier chapitre de ce volume, la mieux connue est celle qui comprend l'Europe Méridionale, l'Afrique Septentrionale et l'Asie Centrale; cependant la presque totalité de ces régions, même de celle-ci, doit être indiquée, dans une carte géologique, sous la désignation de « Terra Incognita. » Il n'est pas jusqu'à la Calabre qui ne puisse être considérée comme inexplorée, ainsi que l'Espagne, le Portugal, les États Barbaresques, les Iles Ioniennes, l'Asie-Mineure, l'Ile de Chypre, la Syrie et les contrées situées entre la Mer Caspienne et la Mer Noire. Il est pourtant un petit point de cette grande zone d'agitation volcanique sur lequel nous commençons à avoir quelques données, — c'est le district qui avoisine Naples : il n'offre rien de remar-

quable quant à la violence des tremblements de terre qui s'y sont manifestés.

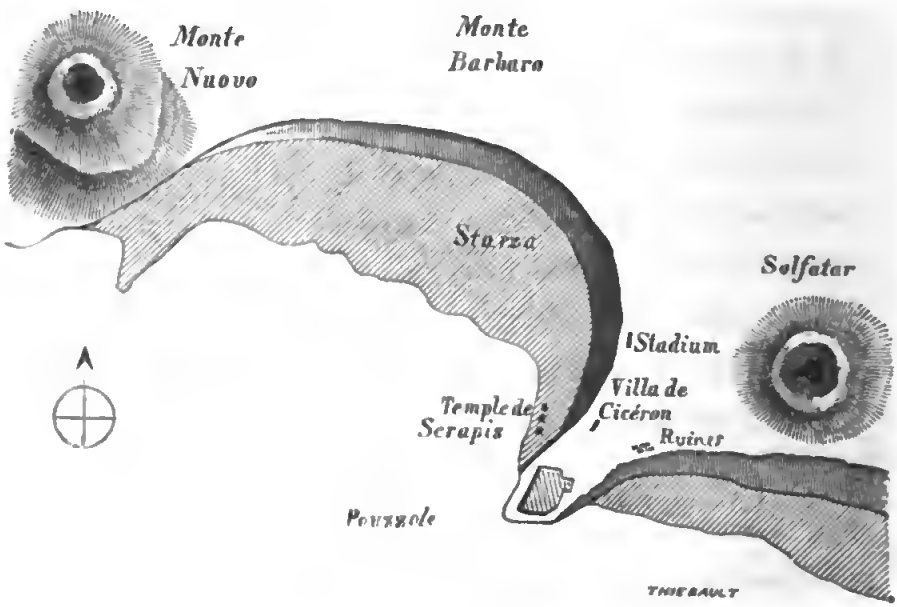
Les seules données positives que nous offre cette partie de la Campanie, c'est que des changements considérables dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer ont eu lieu depuis l'ère Chrétienne ; et ce n'est pas aux récits historiques, mais aux recherches récentes des géologues et des antiquaires, que nous en sommes principalement redevables. Je vais actuellement mettre sous les yeux du lecteur les principaux résultats des investigations modernes qui ont été faites dans le Golfe de Bayes et sur la côte adjacente.

PREUVES DES PHÉNOMÈNES D'ÉLÉVATION ET D'ABAISSEMENT OBSERVÉS DANS LE GOLFE DE BAYES.

Temple de Jupiter Sérapis. — Ce célèbre monument de l'antiquité offre en lui-même la preuve non équivoque que le niveau relatif de la terre ferme et de la mer a changé deux fois à Pouzzole depuis l'ère Vulgaire, et que chaque mouvement, soit d'élévation, soit d'abaissement, a excédé vingt pieds (6m). Avant de discuter les preuves de ce phénomène, je ferai observer que, fait au point de vue géologique, l'examen de la côte du Golfe de Bayes, tant au nord qu'au sud de Pouzzole, a constaté, de la manière

la plus satisfaisante, qu'à une époque peu éloignée il s'y est produit un exhaussement de plus de vingt

Fig. 90.



Plan de la côte du Golfe de Bayes, aux environs de Pouzzole.

pieds (6m), et même de plus de trente (9m) en un certain point, — changement dont l'évidence n'eût pas été moins complète, lors même que le temple serait resté enfoui jusqu'à ce jour.

Côte méridionale de Pouzzole. — Si l'on côtoie le rivage, depuis Naples jusqu'à Pouzzole, on voit, en approchant de cette dernière ville, que les falaises abruptes et élevées de tuf durci, analogue à

celui dont Naples est bâti, s'éloignent un peu de la mer, et qu'une étendue basse et unie de terre fertile, d'un aspect tout différent, se trouve entre le rivage actuel et ce qui, suivant toute apparence, formait l'ancienne ligne de côte.

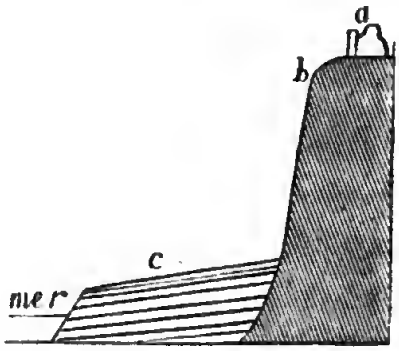
On aperçoit la falaise intérieure vis-à-vis de la petite île de Nisita, à deux milles et demi (près d'une lieue) environ au sud-est de Pouzzole (*), où M. Babbage a observé à la hauteur de vingt-deux pieds (6m,7) au-dessus du niveau de la mer, une ancienne marque qui semble avoir été usée par les vagues; et après un plus ample examen, il a reconnu que le long de cette ligne, la roche perpendiculaire, consistant en tuf très dur, était couverte à l'extérieur, de balanes (*Balanus sulcatus*, Lamk.), et percée par des testacés perforants. Quelques uns des trous faits par les lithodomes renfermaient leurs coquilles, tandis que d'autres étaient remplis des valves d'une espèce d'arche (**). Plus près de Pouzzole, la falaise intérieure a quatre vingts pieds (24,m) de haut, et est aussi perpendiculaire que si elle était encore minée par les vagues. A sa base, un dépôt

(*) Voyez pl. VII. fig. 2.

(**) M. Babbage, après avoir visité ces lieux avec M. Head, au mois de juin 1828, m'a montré un grand nombre d'échantillons de coquilles, qu'il avait recueillies soit en cet endroit même, soit dans le temple de Sérapis.

moderne constituant la portion de terrain fertile dont nous parlions tout-à-l'heure, atteint une hau-

Fig 91.



a, Ruines sur la colline S. E de Pouzzole.
b, Ancienne falaise, actuellement intérieure.
c, Terrasse formée d'un dépôt sous-marin récent.

teur de près de vingt pieds (6,^{m}) au-dessus de la mer; et, comme il est composé de lits sédimentaires réguliers qui renferment des coquilles marines, sa position prouve que, postérieurement à sa formation, il y a eu un changement de plus de vingt pieds (6^{m}) dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer.

Comme la mer empiète sur ces nouvelles strates incohérentes, et que le terrain est d'une grande valeur, on a construit un mur pour le garantir de l'atteinte des vagues : mais lorsque je visitai les lieux en 1828, la mer avait entraîné une partie de ce rempart, et mis à découvert une série régu-

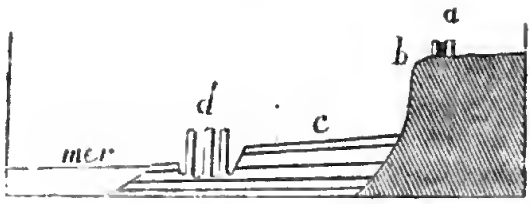
lière de strates de tuf, plus ou moins argileuses, alternant avec des lits de ponce et de lapilli, et renfermant une grande quantité de coquilles marines dont les espèces sont aujourd'hui fort communes sur cette côte; on y remarque les suivantes : *Cardium rusticum*, *Ostrea edulis*, *Donax trunculus*, Lamk., et plusieurs autres. L'épaisseur des strates varie entre un pied et un pied et demi environ; l'une d'elles contient une multitude de débris d'ouvrages d'art, de tuiles, de pavés de mosaïque de différentes couleurs, et de petits ornements sculptés parfaitement conservés; j'ai recueilli quelques dents de porc et de bœuf qui se trouvaient mêlées avec ces divers objets. Ces fragments de constructions se rencontrent aussi bien au-dessous qu'au-dessus des strates qui renferment des coquilles marines. Pouzzole elle-même repose en grande partie sur un promontoire appartenant à la formation tufacée ancienne qui coupe le nouveau dépôt, bien que j'aie découvert un petit lambeau de ce dernier dans un jardin situé sous la ville.

Les ruines d'un môle, appelé le Pont de Caligula, s'étendent depuis la ville jusqu'à la mer. Ce môle consiste en un certain nombre de piles et d'arches, où M. Babbage a trouvé, sur la sixième pile, des perforations de lithodomes, à quatre pieds (1^{m},2) au-dessus du niveau de la mer; près de

l'extrémité du môle, sur l'avant-dernière pile, et à six pieds (1m,8) plus haut, il en a retrouvé d'autres encore avec un grand nombre de balanes et de flustres.

Côte septentrionale de Pouzzole. — Si l'on s'avance vers le nord au-delà de Pouzzole, et que l'on examine la côte située entre cette ville et le Monte Nuovo, on trouve une répétition pour ainsi dire exacte des phénomènes qui viennent d'être décrits. Les pentes du Monte Barbaro deviennent plus abruptes à peu de distance de la côte, et se terminent par une falaise intérieure d'une hauteur moyenne que la mer doit, à quelque époque ancienne, avoir atteinte, ainsi que tout géologue le reconnaît facilement. Entre cette falaise et la mer, une plaine basse ou terrasse, appelée la Starza, correspond à celle qui se trouve au sud-est de la ville, et que nous avons déjà décrite. Comme la mer empiète rapidement, les strates offrent en peu de temps de nouvelles coupes dont voici un exemple.

Fig. 92



a, Ruines de la villa de Cicéron, au nord de Pouzzole (*).
b, Ancienne falaise, actuellement intérieure.
c, Terrasse formée de dépôts sous-marins récents.
d, Temple de Sérapis.

Coupe observée sur le rivage septentrional de la ville de Pouzzole : —

	Pieds.	Pouces.	Mètres.	Centim.
1. Sol végétal.	1	0	0	30
2. Lits horizontaux de ponce et de scories, avec des fragments brisés de briques, d'ossements d'animaux, et de coquilles marines non roulés.	4	6	0	46
3. Lits de lapilli, renfermant une multitude de coquilles marines, notamment des *Cardium rusticum*, *Donax trunculus*, Lam., *Ostrea edulis*, *Triton cutaceum*, Lam., et *Buccinum serratum*, Brocchi.				

(*) Le point ici indiqué sur le sommet de la falaise est celui d'où Hamilton a pris sa vue des Champs Phlégréens, représentée pl. 53, et sur lequel, dit-il, était située jadis la villa de Cicéron, appelée l'Académie.

	Pieds.	Pouces.	Mètres.	Centim.
L'épaisseur des lits varie d'un à dix-huit pouces (25mil. à 46c.). . . .	10	0	3	00
4. Tuf argileux contenant des briques et des fragments de constructions non arrondis par le frottement.	1	6	0	46

L'épaisseur de plusieurs de ces lits varie considérablement à mesure qu'on les suit sur le rivage, et quelquefois le groupe entier atteint une hauteur supérieure à celle du point qui vient d'être décrit. L'espace sur lequel ils s'étendent paraît s'incliner légèrement de bas en haut vers le pied des anciennes falaises.

Or, si un tel arrangement se présentait sur les côtes orientales et méridionales de l'Angleterre, les géologues en chercheraient naturellement l'explication dans quelque dépression locale de la marque des hautes eaux, résultant d'un changement dans le régime des marées et des courants; car plusieurs villes bâties, comme l'ancienne Brighton, sur des terrains sableux, entre l'ancienne falaise et la mer, ont fini, quelquefois, par être entraînées par les vagues, lors du retour de l'océan. D'un autre côté, la falaise intérieure que l'on observe à Lowestoff, dans le Suffolkshire, se trouve, ainsi que nous l'avons déjà vu, à quelque distance du rivage, et l'étendue basse et couverte de verdure que l'on

nomme le Ness, peut se comparer à la Starza, cette plaine basse qui se voit près de Pouzzole (*). Mais il se produit à peine quelques faibles marées dans la Méditerranée ; et, supposer que la mer s'est abaissée généralement de vingt à vingt-cinq pieds (6 à 7m,6), depuis que les rivages de la Campanie étaient couverts d'édifices somptueux, c'est là une hypothèse évidemment insoutenable. En effet, les observations faites lors de plusieurs reconnaissances modernes sur les môles et les *cothons* — sorte de docks construits par les anciens dans divers ports de la Méditerranée, — ont prouvé que le niveau de cette mer n'a point subi d'altération sensible pendant les deux mille dernières années (**).

A l'aide de ces considérations, nous arrivons à reconnaître, sans avoir recours à ce temple si célèbre, que le dépôt marin récent de Pouzzole s'est élevé dans les temps modernes au-dessus du niveau de la mer, et que non seulement ce changement de position, mais aussi l'accumulation des strates modernes, ont eu lieu postérieurement à la destruction de plusieurs édifices dont ces strates renferment les débris. Si nous examinons ensuite la preuve fournie par le temple lui-même, nous verrons, d'après les récits les plus authentiques, que les trois colonnes

(*) Voy. vol. II. p. 266 du présent ouvrage

(**) Nous reproduisons ces détails d'après l'autorité du Capitaine W. H. Smyth, de la Marine royale.

qui sont encore debout, restèrent, jusqu'au milieu du siècle dernier, à moitié enfouies dans les nouvelles strates marines que nous avons décrites. La partie supérieure des colonnes se trouvant masquée par des broussailles, n'avait pas attiré, jusqu'en 1749, l'attention des antiquaires; mais en 1750, lorsque le sol vint à être déblayé, on reconnut qu'elles faisaient partie d'un édifice splendide dont le pavé subsistait encore, et sur lequel se trouvent plusieurs colonnes de brèche d'Afrique et de granit. Le plan originaire du bâtiment s'apercevait encore distinctement; il était de forme quadrangulaire, et avait soixante-dix pieds (21m) de diamètre; son toit, suivant toute apparence, avait dû être supporté par quarante-six majestueuses colonnes, dont vingt-quatre en granit et les autres en marbre. La grande cour était entourée d'appartements qui, à ce qu'on suppose, servaient de bains; car une source thermale dont les eaux sont encore aujourd'hui recherchées pour leurs propriétés médicales, sort de terre précisément derrière le bâtiment; ces eaux étaient, dit-on, amenées dans les salles de bain par des conduits de marbre.

Plusieurs antiquaires se sont livrés à des discussions approfondies à l'égard du dieu à qui ce temple était consacré; mais M. Carelli, à qui l'on doit le dernier mémoire publié sur ce sujet (*), s'est ef-

(*) Dissertazione sulla Sagra Architettura degli Antichi.

forcé de prouver que tous les édifices religieux de la Grèce étaient d'une forme essentiellement différente ; — que ce bâtiment pouvait donc n'avoir jamais été un temple ; — qu'il ressemblait aux bains publics que l'on voit encore dans plusieurs de nos villes qui possèdent des établissements thermaux ; — et enfin, que s'il avait été un temple, il n'aurait pu être dédié à Sérapis, le culte des divinités égyptiennes étant rigoureusement interdit par le sénat de Rome, à l'époque où cet édifice servait à l'usage auquel il avait été destiné.

Perforation des colonnes par des lithophages. — Mais ce n'est point au géologue qu'il appartient de décider une pareille question ; en conséquence, je désignerai cette précieuse relique des temps anciens par le nom qu'on lui donne généralement, et j'examinerai les faits qui attestent les changements physiques qu'elle a éprouvés, et que la Nature elle-même a pris soin d'inscrire en caractères parfaitement lisibles sur les trois colonnes qui sont encore debout. (Voy. le frontispice de cet ouvrage, vol. I) (*). Ces piliers, dont chacun a été tiré d'un seul bloc de marbre, ont quarante-deux pieds (13m env.) de

(*) Cette vue qui représente le temple dans son état actuel a été réduite d'après celle que l'on doit au Chanoine Andrea de Jorio, Ricerche sul Tempio di Serapide, in Puzzuoli. Napoli, 1820.

haut. Une des colonnes est presque complétement partagée par une fissure horizontale; les deux autres sont entières. Toutes trois, elles s'écartent un peu de la verticale, inclinant légèrement vers le sud-ouest, c'est à-dire, du côté de la mer (*). Leur surface est unie et n'offre aucune altération jusqu'à la hauteur d'environ douze pieds (3m,6) au-dessus de leurs piédestaux; mais immédiatement au-dessus de cette zone, on en observe une autre de neuf pieds (2m,7) environ de hauteur, où le marbre a été perforé par une bivalve marine — *Lithodomus*, Cuv. (**). Les trous faits par ces mollusques sont pyriformes, c'est-à-dire, que l'ouverture, très petite d'abord, s'élargit graduellement. Au fond des cavités, on trouve encore beaucoup de coquilles, quoique les visiteurs en aient déjà enlevé une grande quantité. Plusieurs de ces cavités renferment les valves d'une espèce d'arche, mollusque qui se retire dans de petites anfractuosités. Les perforations sont si considérables en profondeur et en étendue, qu'elles

(*) C'est de la mesure donnée par le Capitaine Basil Hall, de la Marine royale, qu'ont été déduites ces observations. Proceedings of Geol. Soc., N° 38, p. 114. Le fait de l'extraction, d'un seul bloc de pierre, de chacune des colonnes qui sont encore debout, m'a été d'abord indiqué par M. James Hall; il est extrêmement important en ce qu'il sert à expliquer pourquoi ces colonnes n'ont point été renversées.

(**) *Modiola lithophaga*, Lam. *Mytilus lithophagus*, Linn.

témoignent d'un séjour prolongé des lithodomes dans les colonnes ; car, à mesure que ceux-ci croissent en âge et en volume, ils agrandissent leur demeure, de manière qu'elle se trouve en rapport avec l'accroissement de leur coquille. Il en faut donc conclure que les piliers restèrent pendant longtemps dans la mer, à une époque où la partie inférieure était couverte et protégée par des strates de tuf et des débris de constructions, et où la partie supérieure, dépassant le niveau des eaux, se trouvait naturellement exposée aux influences atmosphériques, sans être cependant altérée d'une manière sensible.

Sur le pavé du temple, on voit quelques colonnes de marbre qui sont aussi perforées en certaines parties ; une d'elles, par exemple, se trouve percée sur une longueur de huit pieds ($2^m,4$), tandis qu'elle est intacte sur un espace de quatre ($1^m.2$). Plusieurs de ces colonnes brisées sont rongées, non seulement à l'extérieur, mais aussi sur la fracture transversale ; et sur quelques unes d'entre d'elles, d'autres animaux marins ont fixé leur demeure (*). Aucun des piliers de granit n'a été atteint par les lithodomes. La plate-forme du temple, qui

(*) *Serpula contortuplicata*, Linn., et *Vermilia triquetra*, Lam. Ces espèces, ainsi que le *Lithodomus*, habitent aujourd'hui la mer voisine.

n'est pas parfaitement unie, se trouve actuellement (1828) à un pied (30c) environ au-dessous de la marque des hautes eaux, — car il y a de petites marées dans le Golfe de Naples ; — et la mer, qui n'est qu'à cent pieds (30m) de distance, pénètre jusque là à travers le sol intermédiaire. La zone supérieure des parties perforées se trouve donc à vingt-trois pieds (7m) au moins au-dessus de la marque des hautes eaux ; et il est évident que les colonnes doivent être restées pendant longtemps immergées, et debout dans l'eau de mer; puis, après y avoir séjourné pendant un grand nombre d'années, elles ont dû se trouver élevées à la hauteur d'environ vingt-trois pieds (7m) au-dessus du niveau de la mer.

Temples, et voies Romaines sous l'eau. — Jusqu'ici les indications que présente le temple de Sérapis confirment celles qu'avaient fournies auparavant les strates modernes de la plaine de la Starza, mais elles ne prouvent rien de plus. Quoi qu'il en soit, comme on ne peut supposer que le temple ait été bâti originairement au fond de la mer, on doit admettre nécessairement qu'il s'enfonça d'abord au-dessous de la surface des eaux, puis qu'il s'éleva au-dessus. Le Golfe de Bayes présente beaucoup d'autres preuves d'affaissements semblables. Non loin du rivage, au nord-ouest du temple de

Sérapis, se voient les ruines d'un temple de Neptune et d'un temple des Nymphes, actuellement immergées. Les colonnes du premier édifice reposent debout à cinq pieds (1m,5) sous l'eau, et leurs parties supérieures atteignent juste le niveau de la mer. Les bases de ces colonnes sont sans doute enterrées dans la vase; de sorte que si cette partie du fond de la baie venait plus tard à être soulevée, « l'exhumation » de ce temple pourrait avoir lieu de la même manière que celui de Sérapis. Les deux édifices en question participèrent probablement au mouvement qui exhaussa le sol de la Starza; mais, ou ils étaient à une plus grande profondeur sous l'eau que le temple de Sérapis, ou ils ne furent pas réélevés à la même hauteur que ce monument. On découvrit aussi dans le golfe, deux voies Romaines submergées : l'une qui s'étend depuis Pouzzole jusque vers le lac Lucrin, et qu'on peut voir encore; l'autre qui se trouve près du château de Bayes. La mer baigne aussi, jusqu'à une hauteur considérable, les arches de l'ancien môle de Pouzzole, dont nous avons déjà parlé; et, suivant Breislak, il est à peu près certain qu'autrefois, avant le soulèvement des arches, les piles atteignaient la surface (*); de sorte que, bien que les phénomènes

(*) Voyage dans la Campanie, tome II, p. 162.

précédemment décrits attestent que ce môle a été exhaussé de dix pieds (3m) au-dessus de son ancien niveau, il demeure évident qu'il n'est point encore revenu à sa première position.

Un écrivain moderne prend soin de nous rappeler aussi que ces effets ne sont point aussi locaux que, d'après certains auteurs, nous pourrions être disposés à le croire ; car de l'autre côté du Golfe de Naples, on a découvert sur la côte de Sorrente, qui est, comme Pouzzole, sujette à des tremblements de terre, une route, avec quelques fragments de constructions Romaines, à une certaine profondeur sous la mer. Dans l'île de Capri, qui se trouve située assez avant en mer, à l'entrée du Golfe de Naples, un des palais de Tibère est aussi couvert aujourd'hui par les eaux (*). Si l'on considère avec attention les effets des tremblements de terre que nous venons d'indiquer comme ayant eu lieu pendant ces cent cinquante dernières années, on ne sera point étonné de retrouver, dans le cours de dix-huit siècles, des traces de l'exhaussement et de l'abaissement alter-

(*) M. Forbes, Physical Notices of the Bay of Naples (Recherches Physiques sur le Golfe de Naples). Ed. Journ. of Sci., N° 11, nouvelle série, p. 280. Octobre, 1829. Lorsque je visitai Pouzzole, et que j'adoptai les conclusions ci-dessus exposées, je n'avais aucune connaissance des observations de M. Forbes, que je ne vis, pour la première fois à mon retour en Angleterre, que l'année suivante.

natifs du lit de la mer et de la côte adjacente ; ce qui surprendrait, au contraire, ce serait que de futures investigations n'amenassent point à découvrir de pareils indices dans toutes les régions soumises à l'influence volcanique.

On concevra que des édifices peuvent être submergés, et ensuite élevés au-dessus des eaux, sans être complétement réduits en ruines, si l'on se rappelle qu'en 1819, lors de l'abaissement du delta de l'Indus, les maisons du fort de Sindree s'enfoncèrent sous les eaux sans être renversées. De même, en 1692, les bâtiments situés autour du havre de Port-Royal, dans la Jamaïque, s'affaissèrent subitement jusqu'à la profondeur de trente à cinquante pieds (9m et 15m) sous l'eau sans tomber ; et plusieurs métairies qui se trouvaient sur de petites portions de terre transportées à un mille de distance en bas d'une déclivité, restèrent entières après ce déplacement, comme celles des environs de Mileto, en Calabre. En 1822, les fondations de quelques bâtiments de Valparaiso furent soulevées de plusieurs pieds, d'une manière permanente, en même temps qu'une grande partie de la côte du Chili, sans que ces bâtiments fussent renversés. On comprend mieux encore qu'un édifice reste debout pendant l'exhaussement ou l'abaissement du sol sur lequel il repose, quand les murs sont soutenus, tant à l'exté-

rieur qu'à l'intérieur, par un dépôt comme celui qui entoura et remplit jusqu'à la hauteur de dix ou douze pieds (3m et 3m,6) le temple de Sérapis à Pouzzole.

Époques des divers abaissements et soulèvements que le temple de Sérapis a éprouvés. — Nous allons actuellement rechercher à quelles époques eurent lieu, dans le Golfe de Bayes, les changements remarquables que nous venons de passer en revue. Il paraît que, dans l'Atrium du temple de Sérapis, on a trouvé des inscriptions par lesquelles Septime Sévère et Marc-Aurèle ont pris soin de rappeler les travaux qu'ils firent exécuter dans ce temple, en l'ornant de marbres précieux (*). Il est donc probable qu'il fut bâti vers la fin du second siècle de notre ère, et qu'il resta au moins jusqu'au troisième, à peu près dans sa position primitive. D'un autre côté, il est bien constaté que le dépôt marin qui forme la plaine de la Starza était encore couvert par les eaux de la mer en 1530, ou huit ans avant la terrible explosion du Monte Nuovo. M. Forbes a cité dernièrement le témoignage formel d'un ancien auteur Italien, Loffredo, à l'appui de ce point important (**).

(*) Breislak, Voyage dans la Campanie, tome II. p. 167.
(**) Ed. Journ. o Science, nouv. série N° II, p. 281.

Loffredo écrivait, en 1580, que, cinquante ans auparavant, la mer baignait la base des collines qui s'élèvent de la plaine dont nous venons de parler; et il ajoute expressément qu'à cette époque, on *aurait pu pêcher* de l'emplacement des ruines qu'on désigne aujourd'hui sous le nom de Stadium (voyez p. 410, fig. 90.); d'où il suit que l'abaissement du sol eut lieu entre le troisième siècle, lorsque le temple était encore debout, et le commencement du seizième siècle, lorsque la place qu'il occupait se trouvait submergée.

Or, dans cet intervalle, les deux seuls événements dont fassent mention les annales incomplètes de ces époques si peu connues, sont l'éruption de la Solfatare, en 1198, et le tremblement de terre qui, en 1488, ravagea Pouzzole. Il est très probable que les tremblements de terre qui précédèrent l'éruption de la Solfatare, située tout près du temple (voyez p. 410. fig. 90.), donnèrent lieu à un affaissement, et que la ponce, ainsi que les autres matières rejetées par ce volcan, tombèrent en pluie épaisse dans la mer, et recouvrirent immédiatement la partie inférieure des colonnes, qui se seraient ainsi trouvées garanties de l'action des eaux et des perforations des lithodomes. Puis, les vagues auraient renversé plusieurs piliers, et formé les strates de fragments brisés de bâtiments, mêlés de déjections

volcaniques, qui s'étendent le long de la côte sur plusieurs milles, et renferment des objets d'art et des coquilles. M. Babbage, après avoir soigneusement examiné, d'une part, plusieurs incrustations de carbonate de chaux analogues aux dépôts que forment les eaux thermales, et adhérant aux murs et aux colonnes du temple à diverses hauteurs, — puis, les marques distinctes des anciennes lignes de niveau des eaux, visibles au-dessous de la zone des perforations des lithophages, a conclu, et prouvé je pense, que l'abaissement de l'édifice ne fut pas subit, c'est-à-dire, qu'il ne se produisit point en une seule fois, mais qu'il s'opéra graduellement et par l'effet de plusieurs mouvements successifs (*).

Quant au réexhaussement du sol déprimé, on peut supposer, d'après la fréquence des tremblements de terre dans cette région, qu'il eut lieu aussi à plusieurs époques différentes. Jorio cite à ce sujet deux documents authentiques : le premier, daté d'octobre 1503, et écrit en Italien, est un acte par lequel Ferdinand et Isabelle accordent à l'Université de Pouzzole une portion de terre, « d'où la mer est en voie de se retirer » (che va seccando el mare); le second est un document écrit en latin, et daté du 23 mai 1511, près de huit ans plus tard, par

(*) Proceedings of Geol. Soc. N° 36. Mars, 1831

lequel Ferdinand accorde à la ville une portion de territoire aux environs de Pouzzole, qui, après avoir fait partie du lit de la mer, se trouvait alors à sec (dessiccatum) (*).

Il est parfaitement évident, toutefois, d'après le récit de Loffredo, que l'exhaussement principal du terrain bas, appelé la Starza, eut lieu après l'année 1530, et quelque temps avant l'année 1580; et cela seul autoriserait à supposer que le changement en question s'opéra en 1538, lorsque le Monte Nuovo fut formé. Or, il n'est même pas permis de douter que ce fut bien à cette époque que s'accomplit ce mémorable événement; car dans les descriptions précédemment citées (p. 69.) de Falconi et de Toledo, relatives à la catastrophe de 1538 dont ces deux observateurs furent témoins, il est dit de la manière la plus expresse que la mer ayant abandonné une étendue considérable de la côte, les habitants pouvaient prendre le poisson avec la plus grande facilité; et entre autres particularités, Falconi fait mention de deux sources qu'il aperçut *dans les ruines nouvellement découvertes*.

Envahissements de la mer dans le Golfe de Bayes. — Le terrain constituant la plaine de la Starza

(*) Sul Tempio di Serap. chap. VIII.

devait être plus étendu lorsqu'il fut soulevé pour la première fois qu'il ne l'est à présent; car la mer empiète assez rapidement sur le rivage, tant au nord qu'au sud-est de Pouzzole. La côte a, depuis peu d'années, perdu plus d'un pied (30c) par an; et les pêcheurs du golfe m'ont assuré que, d'après leurs propres souvenirs, la mer, aux environs de Pouzzole, s'était avancée de trente pieds (9m). Par suite de cet envahissement graduel, il se pourrait que, dans le cours des siècles, toute la portion de terre basse qui se trouve aux alentours du temple fût entraînée, à moins que quelque nouveau soulèvement n'ait lieu dans la contrée avant que les vagues atteignent l'ancienne ligne de côte; mais le déplacement de cette étroite bande de terrain ne rétablirait nullement le pays dans l'état où il était originairement; car les anciennes collines tufacées et le courant interstratifié de lave trachytique qui est sorti de la Solfatare, doivent avoir participé au mouvement de 1538; et ils resteront élevés, lors même que la mer rentrerait dans ses anciennes limites.

Il paraît, cependant, d'après le mémoire de Niccolini, publié en 1838, que, depuis le commencement du dix-neuvième siècle, le temple de Sérapis s'est abaissé de plus de deux pieds (60c). Ce savant architecte visita très souvent les ruines

au commencement de l'année 1807, dans le but d'y prendre des croquis ; et, bien qu'il eût pour habitude d'y rester la journée tout entière, jamais il ne vit le pavé recouvert par la mer, excepté quelquefois, lorsque le vent du sud soufflait avec force. Seize ans après, quand il revint pour surveiller les fouilles ordonnées par le roi de Naples, il trouva que les eaux de la mer recouvraient le pavé deux fois par jour à la marée haute, de sorte qu'il était obligé d'y faire mettre une rangée de pierres pour pouvoir s'y établir. Cette circonstance l'engagea à faire, d'octobre 1822 à juillet 1838, une série d'observations hydrométriques, à l'aide desquelles il reconnut que le terrain s'était abaissé et s'abaissait encore, en moyenne, de sept millimètres à peu près par an, ou d'un pouce (25$^{mil.}$) environ tous les quatre ans; si bien qu'en 1838, chaque jour on prenait du poisson sur cette partie du pavé où, en 1807, il n'y avait jamais une goutte d'eau quand le temps était calme (*).

Les fouilles exécutées en 1828, au-dessous du pavé de marbre du temple, en firent découvrir un autre, en mosaïque, à la profondeur d'environ six pieds (1^{m},8) plus bas que le premier. L'existence de ces deux pavés, à des niveaux différents, prouve évidemment quelque abaissement antérieur à tous

(*) Tavola Metrica Chronologica, etc. Napoli, 1838.

les changements dont nous avons déjà parlé, et qui aurait obligé de construire un nouveau pavé à un niveau plus élevé. D'après ce fait et plusieurs autres preuves analogues, déduites principalement des observations que Niccolini a faites sous le point de vue de l'architecture, on peut conclure que le sol qui forme les fondations du temple de Sérapis a, dans le cours des dix-neuf siècles derniers, subi les oscillations suivantes : — 1° environ quatre-vingts ans avant l'ère Chrétienne, lorsque l'ancien pavé de mosaïque fut construit, il était à douze pieds (3m,6) à peu près *au-dessus* de son niveau actuel, ou à celui auquel il se trouvait en 1838; 2° vers la fin du premier siècle après J.-C., il n'était plus qu'à six pieds (1m,8) au-dessus de son niveau actuel; 3° à la fin du quatrième siècle il s'était abaissé à peu près jusqu'au niveau où il se trouve aujourd'hui; 4° dans les siècles intermédiaires, et avant l'éruption du Monte Nuovo, il était à environ dix-neuf pieds (5m,8) *au-dessous* de son niveau actuel; enfin, au commencement de ce siècle, il se trouvait à peu près à deux pieds deux pouces (0m,66) au-dessus du niveau auquel on le voit à présent (1838).

M. Niccolini pense que c'est la mer qui s'est élevée et abaissée; mais M. Capocci a combattu avec succès cette opinion, en s'appuyant de plusieurs phénomènes qui attestent le caractère local des

mouvements de la région adjacente, indépendamment de ce qu'en 1538, lorsqu'à Pouzzole la mer se retira, d'une manière permanente, de 200 mètres de l'ancien rivage, il n'y eut point d'indication de retraite simultanée des eaux à Naples, à Castellamare et à Ischia (*).

M. Babbage est arrivé, comme je l'ai établi précédemment, par une autre preuve tirée non seulement d'anciens dépôts calcaires de la source chaude située dans le voisinage immédiat du temple, mais encore des dépôts marins qui leur sont associés, ainsi que des lignes de niveau des eaux qu'on observe à diverses hauteurs, à conclure que l'abaissement du temple fut graduel, et qu'il continua jusqu'à ce que le pavé se trouvât au moins à dix-neuf pieds ($5^m,8$) au-dessous du niveau de la mer (**).

Permanence du niveau de l'océan. — En terminant ce chapitre, je ferai remarquer que les controverses interminables auxquelles les phénomènes du Golfe de Bayes ont donné lieu, sont dues à la répugnance extrême qu'on éprouve à admettre que la terre ferme est plus sujette que la mer à s'élever et à s'abaisser alternativement. Si l'on avait supposé

(*) Nuove Ricerche sul Temp. di Serap.

(**) Proceedings Geol. Soc. vol II. p. 2.

que le niveau de l'océan était invariable, par la raison qu'aucun changement n'a encore été constaté d'une manière bien certaine, et que, d'un autre côté, les continents ont un niveau instable, ainsi que cela a été démontré mainte et mainte fois par les preuves les moins équivoques, depuis le temps de Strabon jusqu'à nos jours, les alternatives de soulèvement et d'abaissement indiquées par le Temple à Pouzzole n'auraient jamais été regardées comme problématiques; et lors même que des récits contemporains n'eussent point nettement attesté l'exhaussement de la côte, cette explication aurait été proposée dès le principe, comme la plus naturelle, au lieu de n'être adoptée qu'aujourd'hui, et pour ainsi dire à regret, après que toutes les autres eurent été abandonnées.

C'est aux préjugés qui existent encore à l'égard de la mobilité de la terre ferme que l'on peut attribuer la rareté des découvertes analogues à celles qui ont été faites récemment dans les Golfes de Bayes et de La Conception. Une fausse théorie peut, comme on sait, nous rendre aveugles sur des faits qui se trouvent en opposition avec nos préventions, ou nous dissimuler leur véritable importance quand nous les apercevons. Mais il est temps que le géologue triomphe, jusqu'à un certain point, de ces premières impressions, qui durent porter naturelle-

ment les anciens poëtes à choisir le roc comme l'emblème de la fermeté, la mer comme l'image de l'inconstance. Notre grand poëte moderne a, dans un esprit plus philosophique, considéré la mer comme « l'image de l'éternité », et il a élégamment exposé dans les vers suivants le contraste qu'on observe entre l'existence fugitive des empires qui, successivement, ont prospéré et sont tombés en décadence sur les bords de l'océan, et la stabilité inaltérable de celui-ci.

Their decay
Has dried up realms to deserts : — not so thou;
Unchangeable, save to thy wild waves' play :
Time writes no wrinkle on thine azure brow;
Such as creation's dawn beheld, thou rollest now.
CHILDE HAROLD, Canto IV (1).

(1) Leur chute a changé les royaumes en déserts : — mais en toi tout reste invariable, tout, excepté le jeu capricieux de tes vagues. — Le temps n'imprime point de rides sur ton front d'azur, et tu roules tes ondes aujourd'hui comme à l'aurore de la création.

T. M.

CHAPITRE IX.

EXHAUSSEMENT ET ABAISSEMENT DE CERTAINES PORTIONS DE TERRE FERME SANS SECOUSSES SOUTERRAINES.

Changements dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer dans des régions non volcaniques. — Opinion de Celsius sur l'abaissement des eaux de la Baltique et de la Mer du Nord. — Objections contre cette opinion. — Preuves de la stabilité du niveau de la mer dans la Baltique. — Hypothèse de Playfair par laquelle il admet le soulèvement de la terre ferme en Suède. — Opinion de M. de Buch. — Marques incrustées sur les rochers. — Examen de ces marques en 1820. — Facilité de reconnaître les moindres altérations dans le niveau de la mer sur la côte de Suède. — Exhaussement observé aussi sur les rivages de l'océan. — Etendue de l'espace soulevé. — Dépôts coquilliers d'Uddevalla — Dépôts de Stockholm, contenant des coquilles fossiles, caractéristiques de la Mer Baltique. — Dépression produite dans la partie méridionale de la Suède. — Cabane de pêcheur enfouie sous des strates marines. — Abaissement de la terre ferme au Groenland. — Influence de ces faits sur la géologie.

Après avoir considéré les phénomènes qui se rapportent aux volcans et aux tremblements de terre dans l'ordre que nous nous étions proposé de suivre

(voir p. 6 du présent volume), il nous reste à examiner les changements lents et insensibles qui se manifestent dans le niveau relatif de la terre ferme et de la mer, sur des points éloignés de tout volcan, et où aucun tremblement de terre violent n'a été ressenti depuis l'époque à laquelle remontent les premières observations qui sont dues à l'espèce humaine. Au commencement du siècle dernier, le célèbre naturaliste Suédois Celsius émit l'opinion que les eaux de la Baltique et de la Mer du Nord s'abaissaient graduellement, et il conclut d'un grand nombre d'observations que le taux de leur dépression devait être d'environ quarante pouces Suédois (près d'un mètre) par siècle. A l'appui de cette opinion, il citait, d'une part, des rochers situés sur les bords de la Baltique et de l'océan, qui, après avoir été jadis de bas récifs, fort dangereux pour la navigation, se trouvaient, de son temps, au-dessus du niveau de la mer; d'un autre côté, il alléguait l'empiétement graduel de la terre ferme sur le Golfe de Bothnie, — phénomène attesté, disait-il, par la transformation de plusieurs anciens ports en villes intérieures; par la réunion de diverses petites îles au continent, et par l'abandon d'anciennes pêcheries, devenues trop basses ou mises entièrement à sec. Celsius soutint aussi que la preuve de ces changements reposait non seulement sur des observa-

tions modernes, mais sur l'autorité des anciens géographes, qui avaient constaté que la Scandinavie était autrefois une île. Il pensait que, dans le cours des siècles, et par suite de la retraite graduelle de la mer, cette île devait s'être réunie au continent, — événement qu'il supposait avoir eu lieu après le temps de Pline, et avant le neuvième siècle de notre ère.

A cet argument on objecta que les anciens savaient si peu de chose sur la géographie des parties les plus septentrionales de l'Europe, que leur autorité ne pouvait être d'aucun poids à cet égard, et qu'en représentant la Scandinavie comme une île, ils prouvaient plutôt l'insuffisance de leurs connaissances qu'ils ne confirmaient une hypothèse aussi hardie. On fit observer également que si la portion de terre qui joignait la Scandinavie au continent avait été mise à sec, entre le temps de Pline et le neuvième siècle, jusqu'au point où l'on sait qu'elle s'est élevée au-dessus de la mer à cette dernière époque, la dépression ne pouvait avoir été uniforme comme on le prétendait; car elle devait avoir été beaucoup plus rapide entre le neuvième et le dix-huitième siècle qu'à toute autre époque antérieure. La plupart des preuves sur lesquelles s'appuyaient Celsius et ses partisans furent immédiatement combattues par plusieurs naturalistes, qui

reconnurent de la manière la plus évidente que la dépression de la mer dans une région quelconque ne pouvait avoir lieu sans qu'il s'ensuivît un abaissement général des eaux sur tout le globe ; ils niaient qu'il en fût ainsi, et que la dépression fût universelle, même dans la Baltique. Comme preuve de la stabilité du niveau de cette mer, ils en appelaient à la position de l'île de Saltholm, située à peu de distance de Copenhague. Cette île est si basse, qu'en automne et en hiver elle se trouve constamment sous l'eau ; elle n'est à sec qu'en été, et devient alors un lieu de pâturage pour le bétail. Il paraît, d'après des documents recueillis en l'année 1280, que Saltholm, à cette époque, était aussi dans le même état, et que son niveau s'accordait exactement avec la hauteur moyenne de la mer, au lieu de se trouver à vingt pieds (6^{m}) environ sous les eaux, ainsi que cela aurait dû être d'après les calculs de Celsius. De même, plusieurs villes, telles que Lubeck, Wismar, Rostock, Stralsund, et quelques autres, situées également sur les bords de la Baltique, sont, après six cents, et même huit cents ans, aussi peu élevées au-dessus de la mer qu'à l'époque de leur fondation, car elles se trouvent encore aujourd'hui tout près du bord de l'eau. La partie la plus basse de Dantzick ne dépassait pas le niveau moyen de la

mer en l'an 1000; et, après huit siècles, sa position relative se trouve être exactement la même (*).

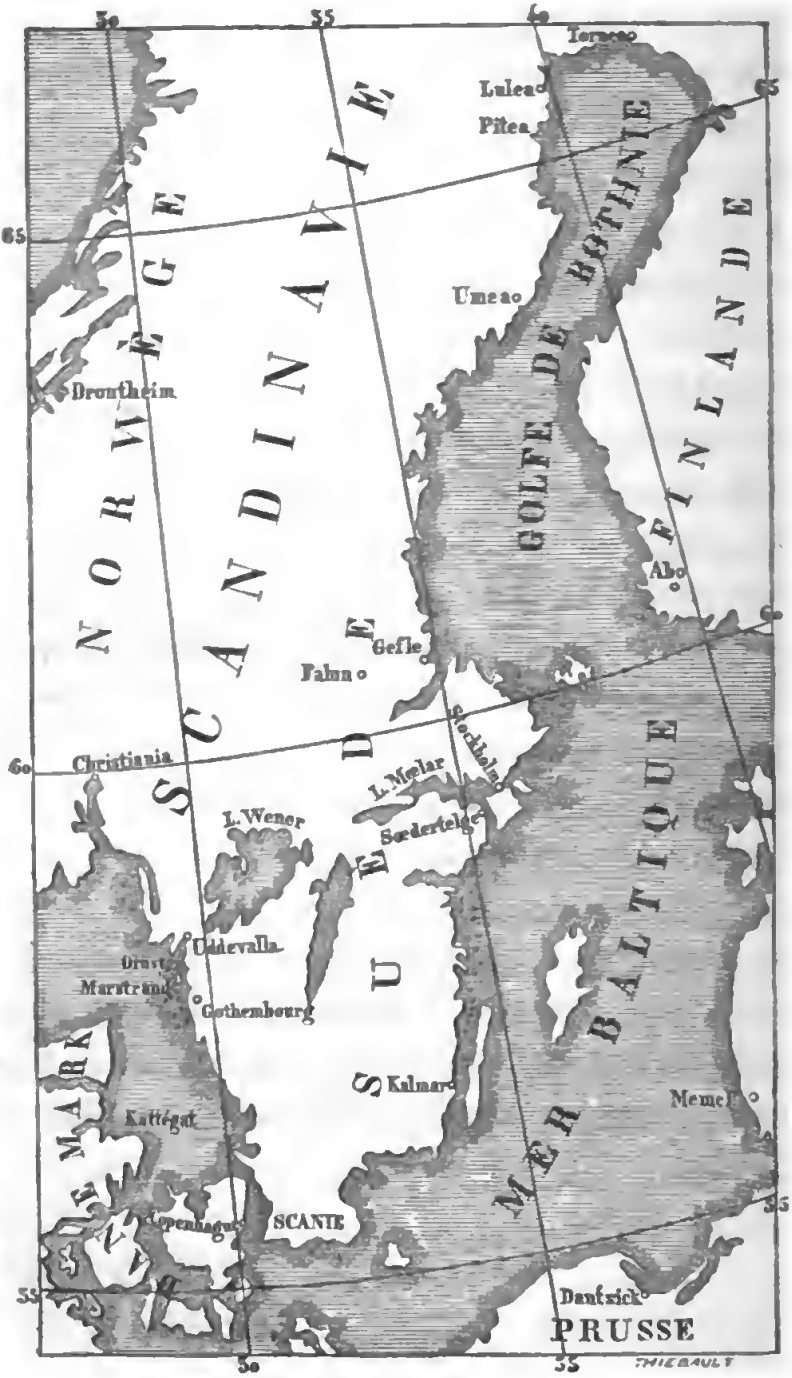
Plusieurs des exemples de l'accroissement de la terre ferme et de l'abaissement de la mer signalés par Celsius, et ensuite par Linné, qui adopta les mêmes opinions, furent attribués par quelques autres observateurs à un dépôt de sédiment accumulé aux embouchures de quelques rivières, et il y a tout lieu de croire que Celsius n'avait pas établi une distinction suffisante entre les changements dus à ces causes et ceux qui auraient lieu si les eaux de l'océan lui-même venaient à diminuer. Plusieurs grandes rivières qui sortent d'une contrée montagneuse, à l'extrémité supérieure du Golfe de Bothnie, entrent dans la mer chargées de sable, de limon et de cailloux; et l'on rapporte qu'en ces points, les terres basses se sont accrues avec rapidité, près de Tornea surtout. A Pitea aussi, elles ont gagné un demi-mille ($\frac{1}{6}$ de lieue) en quarante-cinq ans; et à Lulea, non moins d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) en vingt-huit ans, — faits qui tous pourraient être admis sans nuire à la supposition que le niveau de la Baltique, de même que celui de l'Adriatique,

(*) Pour plus de détails sur la controverse qui s'est élevée à l'occasion de l'opinion de Celsius, voir l'ouvrage de M. de Hoff, Geschichte, etc. vol. I, p. 439.

n'a subi aucun changement pendant l'époque à laquelle les plaines du Pô et de l'Adige se sont considérablement agrandies.

On a aussi allégué que des rochers insulaires, entièrement couverts d'eau jadis, avaient fini par s'élever au-dessus des vagues, et par atteindre, en un siècle et demi, une hauteur de huit pieds ($2^m,4$). L'expérience suivante a été faite dans le but d'expliquer ce phénomène : — Dans la Baltique, de gros blocs erratiques, ainsi que du sable et de petites pierres qui se trouvent sur des hauts-fonds, sont sujets, chaque année, à être enchâssés dans la glace, dans les points où la mer gèle jusqu'à cinq ou six pieds de profondeur (1^m, 5 et 1^m, 8). Au printemps, lorsqu'à la fonte des neiges, la mer s'élève d'une demi-brasse environ, on voit de nombreuses îles de glace flotter en entraînant ces fragments de roche, qu'elles transportent souvent ainsi à d'assez grandes distances ; et quand ces masses sont poussées par les vagues sur des hauts-fonds, parfois elles les transforment en îles, en y déposant les blocs qu'elles supportaient ; ou bien, si elles échouent sur des îles basses, elles en augmentent considérablement la hauteur.

Fig. 93.


50
55
60
Torneo
Lulea
Pitea
65
Umea
Drontheim
NORWEGE
SCANDINAVIE
GOLFE DE BOTHNIE
FINLANDE
Abo
Gefle
Fahun
SUEDE
Stockholm
Christiania
L. Mælar
L. Wener
Sœderteleg
Uddevalla
Drost
Marstrand
Gothembourg
Kalmar
Memel
Kattégat
MER BALTIQUE
Copenhague
SCANIE
Dantzick
PRUSSE
THIERAULT

Browallius et quelques autres naturalistes Suédois ont aussi prétendu que certaines îles étaient plus basses qu'autrefois, et que d'après cette sorte de preuve on pouvait également soutenir que le niveau de la Baltique s'élevait graduellement. Ils signalèrent aussi une autre preuve curieuse de la permanence du niveau de l'eau, qui, en quelques points du moins, était resté invariable pendant plusieurs siècles. Sur la côte de Finlande, de gros pins qui se trouvaient très près du bord de la mer ayant été coupés, on reconnut au nombre d'anneaux concentriques de croissance annuelle, que présentaient les sections transversales de leur tronc, qu'ils avaient quatre cents ans. Or, suivant l'hypothèse de Celsius, la mer s'étant abaissée d'environ quinze pieds ($4^m,6$) pendant cette période, il aurait fallu que la germination et la première croissance de ces pins se fussent opérées pendant plusieurs saisons au-dessous du niveau de l'eau. On prétendait aussi que les murs peu élevés de plusieurs anciens châteaux, tels que ceux de Sonderbourg et d'Åbo, atteignaient alors le bord de l'eau; de sorte que, d'après la théorie de Celsius, il aurait fallu qu'ils eussent été construits originairement au-dessous du niveau de la mer.

En réponse à cet argument, le Colonel Hallstrom, ingénieur Suédois, qui connaît parfaitement

la côte de Finlande, m'a assuré que la base des murs du château d'Åbo se trouve aujourd'hui à dix pieds (3m) au-dessus de la surface de l'eau; d'où l'on doit conclure que la terre ferme a subi en ce point une élévation considérable depuis que ce bâtiment fut construit.

En 1802, Playfair, tout en admettant dans ses « Illustrations de la Théorie Huttonienne » que les preuves avancées par Celsius étaient suffisantes pour résoudre la question, attribuait le changement de niveau au mouvement de la terre ferme, plutôt qu'à la diminution des eaux. Il faisait observer « que pour déprimer ou élever le niveau absolu de la mer d'une quantité donnée, en un lieu déterminé, il faut qu'il soit déprimé ou élevé de la même quantité sur toute la surface du globe; tandis qu'il n'en est point ainsi à l'égard de l'élévation ou de la dépression de la terre ferme (*). L'hypothèse de l'exhaussement de la terre ferme, ajoute-t-il, s'accorde bien avec la théorie Huttonienne, qui admet que nos continents sont sujets à subir l'influence des forces expansives des régions minérales, et que c'est par l'action de ces forces qu'ils ont été effectivement élevés, et qu'ils se trouvent maintenus dans leur situation actuelle (**). »

(*) Sect. 393.
(**) Sect. 398.

En 1807, M. de Buch, à son retour d'un voyage en Suède, déclara qu'il était convaincu que « toute la région comprise entre Frédérickshall en Norwége et Åbo en Finlande, ou même peut-être Saint-Pétersbourg, s'élevait lentement et insensiblement. » Il dit aussi « qu'il se pourrait que la Suède s'élevât plus que la Norwége, et la partie septentrionale de cette première contrée plus que la partie méridionale (*) ; » — conclusions auxquelles il fut conduit, non seulement par les renseignements qu'il avait recueillis auprès des habitants et des pilotes, mais aussi par la présence de coquilles marines d'espèces récentes, qu'il trouva en différents points sur la côte de Norwége, au-dessus du niveau de la mer, et par d'anciennes marques tracées sur les rochers. M. de Buch a donc le mérite d'être le premier géologue qui, après avoir fait par lui-même l'examen des preuves, s'est déclaré en faveur du soulèvement de la terre ferme dans la Scandinavie.

L'attention qu'avait éveillée ce sujet dans la première partie du siècle précédent conduisit plusieurs naturalistes Suédois à tenter de déterminer à l'aide d'observations rigoureuses si le point de repère, considéré comme étalon du niveau de la Baltique, était réellement sujet à des variations périodiques ; et sous leur direction, des lignes ou rainures indiquant

(*) Trad. de ses Voyages, p. 387.

le niveau ordinaire de l'eau par un temps calme, furent gravées sur des rochers, avec la date de l'année. De 1820 à 1821, toutes les marques faites antérieurement à ces deux années furent examinées par les officiers préposés au service du pilotage établi par le gouvernement Suédois, et ceux-ci, dans leur rapport à l'Académie royale de Stockholm, déclarèrent qu'en comparant le niveau de la mer à l'époque de leurs observations avec celui qu'indiquaient les anciennes marques, ils avaient trouvé que la Baltique était plus basse relativement à la terre ferme en certains points; mais que, pendant des périodes de temps égales, ce changement n'avait pas été partout le même. Pendant leur reconnaissance, ils tracèrent de nouvelles marques dans le but de servir de point de repère pour les observateurs qui viendraient après eux. Quatorze ans plus tard (dans l'été de 1834), j'eus occasion d'examiner plusieurs de ces marques, et il me sembla que pendant ce laps de temps la terre ferme s'était élevée de quatre ou cinq pouces (100 ou 125^{mil}) en plusieurs endroits au nord de Stockholm.

Après avoir observé quelques unes des marques anciennes, et après m'être entretenu avec plusieurs ingénieurs civils, ainsi qu'avec des pilotes et des pêcheurs, je me suis aussi convaincu, pendant mon séjour en Suède, que la preuve autrefois alléguée

en faveur du changement de niveau, tant sur les côtes de Suède que sur celles de Finlande, satisfaisait à tous les points de la question (*). Cette différence de niveau diminue d'une manière sensible à mesure qu'on avance des parties septentrionales du Golfe de Bothnie vers le sud, et elle devient extrêmement faible aux environs de Stockholm. Quelques auteurs, il est vrai, ont indiqué l'abaissement du niveau des eaux à Stockholm comme étant très considérable, parce que certaines maisons de cette ville, bâties sur pilotis, se sont affaissées, de mémoire d'homme, de manière à ne plus être verticales; mais cela provient de ce que les pilotis, à leur partie supérieure, se sont enfoncés et décomposés, par suite d'un abaissement dans le niveau des eaux qui les avait exposées à être tantôt mouillés et tantôt à sec. Ces maisons sont situées sur les bords du grand Lac Mœlar, dont les eaux se réunissent à celles de la Baltique, au milieu de Stockholm. Ce lac est certainement plus bas aujourd'hui que jadis; et la cause principale de ce changement ne vient pas de

(*) Dans les premières éditions de cet ouvrage, j'ai exprimé du doute sur la validité des preuves du soulèvement graduel de la terre ferme en Suède. Un exposé détaillé des observations que je fis en 1834, et qui déterminèrent mon changement d'opinion, fut inséré dans les Transactions Philosophiques pour 1835, part. 1.

l'élévation du sol, mais de la destruction de deux vieux ponts bâtis sur pilotis, qui, autrefois, gênaient l'écoulement des eaux douces dans la mer. Elle se rattache aussi à l'ouverture faite, en 1819, d'un nouveau canal à Sœdertelge, au midi de Stockholm, à l'aide duquel une nouvelle ligne de communication a été établie entre le Lac Mœlar et la Mer Baltique (*).

Mais, demandera-t-on naturellement, le niveau moyen d'une mer comme la Baltique peut-il jamais être déterminé assez exactement pour qu'il soit possible d'apprécier une variation de niveau d'un à deux pieds (30 et 60c) seulement? Je répondrai qu'il n'y a point de marées dans la Baltique, si ce n'est aux alentours du Kattégat, et cela seulement lorsque des vents particuliers ont dominé pendant plusieurs jours de suite; ou lorsqu'à certaines époques il s'est déversé dans cette mer une quantité d'eau de rivière bien plus considérable que de coutume; ou enfin, lorsque, ces causes se trouvant coïncider, la Baltique s'élève de deux ou trois pieds (0m,6 et 0m,9 env.) au-dessus de son niveau moyen. Les changements dus à ces causes se reproduisent à peu près

(*) Voyez Professor Johnston's Paper (le Mémoire du Professeur Johnston) Ed. New. Phil. Journ., no 29, juillet 1833; ainsi que mes propres remarques, insérées dans les Phil. Trans. (Transactions Philosophiques), 1835, p. 12.

uniformément chaque année; de sorte que les pilotes et les pêcheurs croient, et probablement avec raison, qu'ils peuvent indiquer une différence, même d'un petit nombre de pouces, dans la hauteur ordinaire ou moyenne des eaux.

La configuration des rivages de la Norwége et de la Suède offre, en outre, certaines particularités qui aident singulièrement à apprécier les moindres changements dans le niveau relatif de la terre ferme et des eaux. On a dit souvent qu'il existe deux côtes, l'une intérieure, qui forme le rivage du continent, et l'autre extérieure, qui consiste en une bordure d'îles rocheuses de toutes dimensions, et que l'on nomme le «skär». Les bateaux et les petits navires font leurs voyages côtiers dans ce skär, parce que là ils peuvent naviguer dans une eau tranquille, même lorsque la mer est fortement agitée à l'extérieur. Mais la navigation y est très difficile, et le pilote qui s'y aventure doit avoir une connaissance parfaite de la largeur et de la profondeur de tous les canaux dont il est sillonné, ainsi que de la position des nombreux écueils qu'on y rencontre. Si sur une telle côte, la terre s'élève d'un ou deux pieds (0m,3 et 0m,6) dans le cours d'un demi-siècle, la topographie du skär se trouve entièrement changée. Toutefois, son aspect général reste le même pour un étranger qui le visite de nouveau après un

intervalle de quelques années; mais l'habitant du pays qui ne peut plus pénétrer avec son bateau dans des canaux où il passait autrefois, est à portée d'observer l'accroissement en hauteur et en largeur des rochers isolés qui, aujourd'hui, sont à découvert, mais que, jadis, on n'apercevait qu'à travers les eaux.

Les roches de gneiss, de micaschiste et de quarz, sont ordinairement, sur cette côte, d'une très grande dureté, fort lentes à se décomposer, et conservant pendant des siècles entiers leurs formes parfaitement intactes, quand elles se trouvent à l'abri des brisants. Par suite, il devient très facile d'indiquer la marche de leur émersion progressive à l'aide des marques naturelles et artificielles qui y sont incrustées. Indépendamment des sommets des roches *en place*, il se trouve un grand nombre de blocs erratiques d'une énorme grosseur, disséminés sur les hauts-fonds et sur les îles du skär, et qui, probablement, y ont été amenés par les glaces de la manière que nous avons déjà indiquée (*). On a observé que toutes ces îles et tous ces hauts-fonds avaient augmenté en hauteur et en volume depuis un demi-siècle. Quelques uns de ceux-ci, signalés autrefois comme des récifs dangereux, ne

(*) Voyez p 441 du présent volume, et le chap. III de la 2e partie de cet ouvrage.

sont plus aujourd'hui recouverts par les eaux que lorsque la mer atteint sa plus grande hauteur. Au premier coup d'œil, ils offrent ordinairement l'aspect d'une protubérance arrondie, unie et nue, n'ayant que quelques pieds de diamètre. Ces lieux sauvages servent de points de repos aux mouettes, qui viennent souvent y dévorer leur proie. Plusieurs points semblables ont été transformés en récifs allongés dont la surface paraît blanche, à cause du grand nombre d'oiseaux de mer qui s'y rassemblent. D'autres, au contraire, de récifs qu'ils étaient sont devenus de petites îles, annuellement submergées, sur lesquelles quelques lichens, des graines de sapins commençant à germer, et quelques brins d'herbe, attestent que le haut-fond est enfin converti en terre sèche. Des milliers d'îles boisées que l'on voit alentour montrent les changements considérables que le temps peut produire. Il se pourrait aussi que dans le cours des siècles, les espaces intermédiaires entre les îles actuelles fussent mis à sec, et devinssent des plaines verdoyantes entourées de hauteurs couvertes de sapins majestueux. Ce dernier degré de l'action, par suite de laquelle de longs fiords et d'étroits canaux qui séparaient jadis des îles boisées, sont abandonnés par la mer, s'est accompli sous les yeux de témoins encore vivants sur plusieurs parties de la côte.

Si l'abaissement apparent des eaux n'avait été observé que dans la Baltique, on aurait pu chercher à expliquer le phénomène par des causes locales, particulières à cette mer. Par exemple, on admettrait que le canal par lequel la Baltique déverse dans l'Atlantique le surplus de ses eaux a été élargi et approfondi par les vagues et les courants, — cas où aurait eu lieu un abaissement des eaux analogue à celui dont nous avons déjà parlé relativement au lac Mœlar. Mais l'abaissement de niveau eût, dans ce cas, été uniforme et général, et les eaux n'auraient pu s'abaisser à Tornea, en conservant à Copenhague leur ancien niveau. Or, cette explication est tout aussi insoutenable sur d'autres points, le changement de niveau s'étendant, ainsi que Celsius l'a reconnu depuis longtemps, jusqu'aux rivages occidentaux de la Suède qui bordent l'océan. Les indices d'élévation qu'on remarque entre Uddevalla et Gothembourg sont aussi bien établis que ceux qui existent sur les côtes du Golfe de Bothnie. Les lieux où ils peuvent être le mieux étudiés sont les îles de Marstrand et de Gulholmen; cette dernière localité surtout a été spécialement indiquée par Celsius.

Les habitants de ces îles et de quelques autres districts assurent que le taux de l'abaissement de la mer (ou de l'élévation de la terre ferme) varie dans

des lieux très voisins les uns des autres, et que c'est à l'endroit où la côte se trouve le moins élevée qu'il est le plus considérable. Mais ils sont dans l'erreur à cet égard ; car ils mesurent la somme de l'élévation par l'espace gagné, qui est d'autant plus grand que le rivage s'incline en pente plus douce vers la mer. De même, quelques partisans de la théorie de Celsius alléguaient autrefois, à l'appui de leur opinion, l'accroissement des terres près de l'embouchure des rivières ne considérant point assez, que si le fond de la mer s'élève, c'est toujours dans les points où préalablement il avait le moins de profondeur que le changement doit être le plus sensible ; tandis qu'à une certaine distance de ces points, dans ceux où les falaises granitiques escarpées plongent tout-à-coup dans une eau profonde, une somme d'élévation beaucoup plus grande est nécessaire pour produire des effets aussi marqués.

Quant à l'étendue de la région qui, dans le nord de l'Europe, est sujette à ce lent mouvement d'élévation, nous n'avons point encore de données suffisantes pour l'évaluer exactement. Toutefois, il semble probable qu'elle occupe l'espace compris d'une part entre Gothembourg et Tornea, et de l'autre entre Tornea et le cap Nord, le taux de l'élévation augmentant toujours à mesure qu'on avance vers le

nord. Les deux extrémités de cette ligne se trouvent à plus de 1,000 milles géographiques l'une de l'autre ; et comme elles aboutissent à l'océan toutes les deux, on ignore jusqu'où le mouvement peut se prolonger sous les eaux. On est également incertain sur la largeur de cette étendue, quoique tout porte à croire qu'elle comprend les parties les plus larges du Golfe de Bothnie et une portion notable de l'intérieur de la Suède et de la Finlande. Or, si l'élévation continue, une plus grande partie du Golfe de Bothnie et de l'océan, à la hauteur de la côte occidentale de Suède, entre Gothembourg et Uddevalla, sera transformée en terre ferme ; d'un autre côté, si le changement a mis des milliers d'années à s'accomplir, au taux de plusieurs pieds par siècle, il y a tout lieu de supposer que de vastes étendues consistant aujourd'hui en terre ferme ont dû être sous-marines à des époques modernes comparativement. Il est donc naturel de demander s'il existe quelques traces du séjour récent de la mer sur des districts qui se trouvent actuellement dans l'intérieur des terres. Cette question a été résolue de la manière la plus satisfaisante : — Près d'Uddevalla et de la côte voisine, on observe des dépôts soulevés de coquilles appartenant à des espèces semblables à celles qui habitent aujourd'hui l'océan ; tandis qu'à l'opposite,

c'est-à-dire sur le côté oriental de la Suède, on trouve près de Stockholm, de Gefle et de plusieurs autres lieux situés sur le Golfe de Bothnie, des lits analogues renfermant des coquilles caractéristiques de la Baltique.

En 1807, M. de Buch annonça qu'il avait découvert en Norwége et à Uddevalla en Suède, à des hauteurs considérables au-dessus du niveau de la mer, des lits de coquilles appartenant à des espèces actuellement existantes. Depuis, d'autres naturalistes ont confirmé son observation; et, suivant Ström, des dépôts analogues se rencontrent à plus de quatre cents pieds (122^{m}) au-dessus de l'océan dans la partie septentrionale de la Norwége. Lorsque M. Alexandre Brongniart visita Uddevalla, il reconnut qu'une des principales masses de coquilles, celle de Capellbacken, se trouvait à plus de deux cents pieds (61^{m}) au-dessus du niveau de la mer; elle repose sur des roches de gneiss, et toutes les espèces dont elle est formée sont identiques avec celles qui habitent l'océan adjacent. Le même géologue rapporte aussi qu'en examinant avec soin la surface du gneiss, immédiatement au-dessus de l'ancien dépôt coquillier, il trouva des balanes (*Balani*) adhérant aux rochers, ce qui semble prouver que la mer a pendant longtemps séjourné en ce point. Je fus assez heureux pour pouvoir vérifier

cette observation par la découverte que je fis pendant l'été de 1834, à Kured, lieu situé à deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) environ d'Uddevalla, et à plus de cent pieds (30^m) au-dessus de de la mer, d'une surface de gneiss mise récemment à découvert par l'extraction partielle d'une masse de coquilles que l'on emploie dans le pays à faire de la chaux et à réparer les routes. Ces balanes adhéraient si fortement au gneiss, qu'en cherchant à en détacher quelques unes, je brisai plusieurs fragments de roche auxquels elles se trouvaient fixées. La surface du gneiss était aussi incrustée de petits zoophytes (*Cellepora?* Lam.); mais il est à croire que si ceux-ci ou les balanes avaient été exposés aux influences de l'atmosphère depuis l'exhaussement des roches au-dessus de la mer, ils se seraient décomposés, et qu'il n'en resterait plus aucune trace.

La ville d'Uddevalla est située à l'entrée d'une petite baie étroite entourée de roches escarpées et arides de gneiss dont tout le pays adjacent est composé, à l'exception des terres basses et des fonds de vallées, où des strates de sable, d'argile et de marne recouvrent souvent la roche fondamentale. C'est à ces dépôts récents et horizontaux qu'appartiennent les coquilles ci-dessus mentionnées, et l'on trouve dans l'île d'Orust, située à l'opposite, des débris marins semblables à diverses hauteurs

au-dessus de la mer. On ne sait pas bien encore à quelle distance, la plus grande de la mer, se rencontrent ces fossiles ; mais on en a déjà découvert à Trollhættan, en y creusant un canal, et, plus avant dans l'intérieur des terres, sur les bords septentrionaux du lac Wener, à cinquante milles (18 l.) de la mer, à une hauteur de deux cents pieds (61^{m}), près du Lac Rogvarpen.

Passons actuellement à la Mer Baltique : — J'ai observé près de ses rivages, à Sœdertelge, ville située à seize milles (5 $\frac{1}{3}$ l. env.) au S.-O. de Stockholm, des strates de sable, d'argile et de marne, de plus de cent pieds (30^{m}) de haut, dans lesquelles on trouve des coquilles appartenant à des espèces qui vivent aujourd'hui dans le Golfe de Bothnie. Ces coquilles sont en partie marines et en partie lacustres ; mais elles sont peu nombreuses, la nature saumâtre de l'eau paraissant extrêmement contraire au développement des testacés. Parmi les espèces les plus abondantes on remarque les suivantes : *Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Littorina littorea*, une petite telline (*T. Baltica*), et quelques petites univalves alliées à la *Paludina ulva*. Celles-ci vivent dans les mêmes eaux qu'une limnée, une néritine (*N. fluviatilis*), et quelques autres coquilles d'eau douce.

Mais les mollusques marins de la Baltique dont

nous venons de parler, tout en étant fort nombreux lorsqu'on les considère individuellement, sont très petits et atteignent à peine le tiers des dimensions qu'ils acquièrent dans les eaux salées de l'océan. Ce caractère seul suffirait, en général, pour mettre un géologue à portée de distinguer dans une réunion de fossiles, ceux qui appartiennent à la Baltique de ceux qui proviendraient d'un dépôt océanique. L'absence d'huîtres, de balanes, de buccins, de peignes, de patelles (*ostrea*, *balanus*, *buccinum*, *pecten*, *patella*), et de plusieurs autres coquillages qui abondent aussi dans la mer, près d'Uddevalla, et dans les dépôts fossilifères modernes qu'on trouve sur cette côte, ajoute encore un caractère négatif de la plus grande importance à celui que nous venons d'indiquer, et aide ainsi à reconnaître les assemblages de coquilles de la Baltique et ceux de l'océan. Or, les strates qui renferment des coquilles venant de la Baltique se rencontrent dans plusieurs localités près de Stockholm, d'Upsal et de Gefle, et l'on en découvrira probablement dans tous les lieux voisins du Golfe de Bothnie; car j'ai vu des fragments semblables apportés de Finlande, dans une marne ressemblant à celle des environs de Stockholm. La plus grande distance à laquelle, jusqu'à ce jour, on ait rencontré ces dépôts dans l'intérieur des terres, se trouve en un point

des rivages méridionaux du lac Mœlar, situé à soixante-dix milles (25 l.) de la mer (*). La différence qu'on observe entre les assemblages de coquilles fossiles des côtes orientales et des côtes occidentales de la Suède, fait croire que la Baltique a, pendant fort longtemps, été séparée de l'océan comme elle l'est à présent, quoique l'espace de terre intermédiaire fût beaucoup plus étroit autrefois, même après l'époque où les deux mers commencèrent à être habitées par toutes les espèces actuelles de testacés.

Comme aucune observation exacte sur le soulèvement de la côte de Suède ne remonte au-delà d'un siècle et demi, et comme les renseignements traditionnels, non plus que les données fournies par les anciennes constructions que l'on voit encore sur la côte, ne datent que de cinq ou six siècles, les recherches des antiquaires ne peuvent nous aider à reconnaître si la force ascensionnelle agit d'une manière uniforme pendant de très longues périodes. Dans les districts où l'on trouve les coquilles fossiles à plus de deux cents pieds (61^{m}) au-dessus de l'océan, comme à Uddevalla, à Orust, dans le Lac Rogvarpen, le taux actuel du soulèvement semble être de moins de quatre pieds (1^{m},2) par siècle. D'après ce taux il eût fallu cinq mille ans

(*) Phil. Trans, 1835, part. I.

pour que ces dépôts pussent être élevés à la hauteur où ils se trouvent actuellement. Mais, comme aujourd'hui le mouvement est très différent dans plusieurs des lieux où il se manifeste, il se pourrait aussi que son insensité eût beaucoup varié à diverses époques.

De plus, il nous reste encore à apprendre non seulement si le mouvement s'accomplit toujours dans les mêmes proportions, mais aussi s'il a constamment eu lieu *dans la même direction*. Comme le niveau de la terre ferme est susceptible d'osciller, il s'ensuit que le même district peut, pendant plusieurs siècles, éprouver une dépression, puis un nouveau soulèvement. Quelques phénomènes observés dans le voisinage de Stockholm ne me paraissent explicables qu'en admettant le soulèvement et l'abaissement alternatifs du sol depuis que cette région est habitée par l'homme. Lorsqu'en 1819, on creusa à Sœdertelge, — à seize milles ($5\frac{3}{4}$ l.) environ au sud de Stockholm, — un canal destiné à faire communiquer le Lac Mœlar avec la Baltique, on traversa des strates marines contenant des coquilles fossiles dont les espèces appartenaient à la Baltique. A soixante pieds (18^m) environ, il se trouva des débris qui paraissaient être ceux d'une hutte de pêcheur enfouie. Cette construction, tout en bois, était dans un tel état de décomposition,

qu'elle tomba en poussière dès qu'elle fut exposée à l'air. La partie la plus basse, toutefois, qui était restée de niveau avec la mer, se trouvait dans un meilleur état de conservation. Sur le plancher de cette hutte on voyait un foyer grossier, consistant en une rangée circulaire de pierres, au milieu desquelles il y avait encore du fraisil et du bois réduit en charbon. A l'extérieur, on apercevait de grosses branches de sapin, qui semblaient avoir été coupées avec une hache, et auxquelles les feuilles adhéraient encore. Il paraît impossible d'expliquer la position de cette hutte ainsi enfouie, à moins de supposer, comme pour le Temple de Sérapis (voy. p. 409), d'abord une dépression de plus de soixante pieds (18m), puis un exhaussement. Pendant la période de submersion, la hutte dut être couverte de gravier et de marne coquillière, sous lesquels on trouva aussi des vaisseaux de forme antique, dont la charpente était liée par des chevilles en bois, au lieu de clous (*).

C'est à des recherches ultérieures qu'il appartient de faire connaître si quelques parties du sol de la Norwége sont actuellement en voie de s'élever. Des coquilles fossiles, marines, ont été recueillies en plusieurs points de l'intérieur des terres près de

(*) Voir le Mémoire déjà cité, Phil. Trans., 1835, part. I.

Drontheim; mais M. Everest nous apprend que la petite île de Munkholm, qui consiste en un rocher isolé dans le port de Drontheim, offre la preuve évidente que le sol, dans cette région, est resté stationnaire pendant les huit derniers siècles (*). L'étendue de cette île n'excède pas celle d'un petit village, et d'après une détermination authentique, son point le plus élevé se trouve être à vingt-trois pieds (7^m) au-dessus de la marque moyenne des hautes eaux, c'est-à-dire, de la moyenne entre les plus petites et les plus grandes marées. Or, on sait qu'un monastère y a été fondé par Canut-le-Grand, l'an 1028 de l'ère vulgaire, et que trente-trois ans auparavant elle servait de lieu d'exécution. D'après le taux moyen supposé de l'élévation du sol en Suède (environ quarante pouces—1^m —par siècle), on serait obligé d'admettre que cette île se trouvait à trois pieds huit pouces (1^m,10 env.) au-dessous de la marque des hautes eaux, lorsque, dans le principe, elle fut choisie pour y construire le monastère.

Il a été déjà établi que du Cap Nord à Stockholm, le taux du soulèvement diminue dans la proportion de plusieurs pieds à quelques pouces par siècle. Au sud de Stockholm, le mouvement ascensionnel cesse, et en Scanie, c'est-à-dire, dans la

(*) Travels through Norway (Voyages en Norwége).

partie la plus méridionale de la Suède, il paraît être remplacé par un mouvement en sens contraire. A l'appui de ce fait, le professeur Nilsson allègue les considérations suivantes : — 1° Il n'y a point, dit-il, de lits élevés de coquilles marines récentes en Scanie, comme ceux que l'on rencontre plus au nord. 2° Linné a, dans le but de déterminer si les eaux de la Baltique se retiraient des côtes de la Scanie, mesuré, en 1749, la distance qu'il y avait entre la mer et une grosse pierre placée près de Trelleborg. En 1836, cette même pierre était de cent pieds (30m) plus près du bord de l'eau que du temps de Linné, ou quatre-vingt-sept ans auparavant. 3° On a découvert aussi une tourbière formée de plantes terrestres et d'eau douce, sur un point inférieur au niveau de la mer, où aucune rivière n'aurait pu amener de la tourbe. 4° Enfin, ce qui est encore plus concluant, c'est que dans toutes les villes qui ont des ports sur les côtes de la Scanie, il se trouve des rues au-dessous du niveau des hautes eaux de la Baltique, et même quelquefois au-dessous du niveau des plus basses marées. Ainsi, quand le vent est très fort à Malmœ, l'eau inonde une des rues actuelles ; et, il y a quelques années, divers travaux de fouille ont fait découvrir une ancienne rue, précisément au-dessous d'une rue nouvelle, mais à huit pieds plus bas. On reconnut alors que le

sol avait été exhaussé artificiellement, pour réparer, sans doute, l'effet de cette dépression. Il existe aussi une rue à Trelleborg, et une autre à Skanœr, dont le niveau est inférieur de quelques pouces à celui des hautes eaux; à Ystad, une rue se trouve exactement au niveau de la mer, où il est bien certain qu'elle n'a pu être bâtie originairement.

Les conséquences déduites de ces faits s'accordent parfaitement avec les preuves que deux observateurs Danois, le Docteur Pingel et le Capitaine Graah, ont récemment indiquées, de l'abaissement de la côte occidentale du Groenland, sur un espace de plus de 600 milles (217[1]) du nord au sud. Les observations du Capitaine Graah furent commencées de 1823 à 1824, pendant que l'on exécutait une reconnaissance du Groenland, et continuées de 1828 à 1829; celles du Docteur Pingel furent faites de 1830 à 1832. Il paraît, d'après divers indices et traditions, que la côte s'est abaissée pendant les quatre siècles derniers, depuis le Golfe Igaliko, par 60° 43′ de lat. N., jusqu'à la Baie Disco, qui s'étend presque jusqu'au 69e degré de lat. N. D'anciennes constructions élevées sur de basses îles rocheuses et sur le rivage de la terre ferme, ont été graduellement submergées, et l'expérience a appris aux aborigènes Groenlandais qu'ils ne devaient jamais bâtir leur hutte près du bord de l'eau.

Plus d'une fois, les colons Moraviens ont été obligés d'avancer dans l'intérieur des terres les pieux auxquels étaient attachés leurs grands bateaux, laissant les anciens sous l'eau, où, comme de muets témoins, ils attestent les changements qui se sont opérés (*).

La cause probable des mouvements d'élévation et de dépression dont nous venons de nous occuper sera discutée d'une manière plus complète dans les chapitres suivants, où je traiterai de l'origine de la chaleur souterraine. Ici, je me bornerai à faire remarquer que le soulèvement de la Suède a naturellement été regardé comme un phénomène très extraordinaire et à peine croyable, aucune région du globe n'ayant, depuis les temps authentiques de l'histoire, été moins sujette à de violents tremblements de terre. Il est vrai que, de même que notre île et presque chacun des points du globe, la Suède et la Norwége ont éprouvé, de temps à autre, quelques mouvements; mais plusieurs n'étaient peut-être, comme ceux qui furent ressentis pendant le tremblement de terre de Lisbonne de 1755, que de simples vibrations de l'écorce terrestre prolongées jusqu'à une grande distance. D'autres, néan-

(*) Voir Proceedings of Geol. Soc., n° 42. p. 208. J'ai aussi conféré sur ce sujet avec le Dr Pingel, à Copenhague, en 1834.

moins, ont été suffisamment locaux pour indiquer l'existence d'une source de perturbation immédiatement au-dessous de la contrée elle-même. Quoi qu'il en soit, la Scandinavie peut être considérée comme ayant été généralement aussi tranquille dans les temps modernes, et aussi exempte de convulsions souterraines qu'aucune autre région du globe, d'égale étendue. Il est encore une circonstance qui a fait regarder le changement de niveau que l'on observe en Suède comme une anomalie, et qui, pendant longtemps, fut cause que les preuves de ce fait n'ont été admises qu'avec une grande réserve. L'action volcanique, d'ordinaire, est intermittente, ainsi que nous l'avons déjà vu, et les changements de niveau qu'elle occasionne se produisent brusquement au lieu d'être l'effet d'un mouvement prolongé et insensible comme celui que la Suède a éprouvé. Cependant, à mesure que nos connaissances sur les changements survenus dans les temps modernes deviennent plus positives, nous trouvons des exemples où les phénomènes d'éruptions volcaniques, de tremblements de terre, et d'exhaussement ou d'abaissement, soit subit, soit lent des continents, sont liés entre eux. Le Temple de Sérapis, dont nous avons parlé dans le chapitre précédent, offre la réunion de ces diverses circonstances; et les phénomènes qui, à l'époque actuelle, s'opèrent dans l'A-

mérique Méridionale, pourraient fournir d'autres exemples du même genre.

Quelques auteurs, il est vrai, ont pensé que la Norwége offrait évidemment la preuve du soulèvement subit de la terre ferme à une hauteur considérable—phénomène qui se serait renouvelé à plusieurs époques successives depuis que la mer est habitée par les espèces actuelles de testacés. Ils citent à l'appui de leur opinion certaines lignes horizontales de falaises intérieures et de rivages qui renferment des coquilles récentes à diverses hauteurs au-dessus du niveau de la mer(*). Mais ce fait, interprété convenablement, prouve tout simplement qu'il y a eu de longs intervalles de repos dans l'accomplissement des phénomènes de soulèvement ou d'abaissement. Il indique que parfois le niveau de la mer est resté stationnaire pendant plusieurs siècles, et que, durant ce temps, de nouvelles strates se sont déposées près du rivage en quelques points, tandis qu'ailleurs, les vagues et les courants ont eu le temps de creuser les rochers, de miner les falaises et d'accumuler de longues lignes de galets. Elles montrent de la manière la plus évidente que le mouvement n'a pas toujours été uniforme ou con-

(*) Keilhau, Bulletin de la Soc. Géol. de France, t. VII, pag. 18.

tinu, mais elles n'indiquent aucun changement brusque de niveau.

Quand une fois on a acquis la certitude de l'exhaussement graduel d'une vaste région, on peut se rendre compte de plusieurs phénomènes géologiques dont autrement l'explication serait fort difficile. Il existe de grandes étendues continentales et de hauts plateaux où les strates sont presque horizontales et ne présentent aucune trace de soulèvement dû, soit à de violentes convulsions, soit à une série de mouvements, comme ceux qui se manifestent dans les Andes et occasionnent tantôt le déchirement du sol, tantôt son soulèvement ou son abaissement, et même quelquefois l'engloutissement de vastes étendues de sol dans des cavités souterraines. Or, une suite de tremblements de terre de ce genre pourrait avoir pour résultat, en un grand nombre de siècles, la production d'une région toute composée de strates brisées, inclinées, et même peut-être verticales. Mais un mouvement analogue à celui de la Suède donnerait lieu à un soulèvement si peu sensible du lit de la mer et de toutes les strates qui s'y seraient déposées récemment, qu'il semblerait simplement que l'océan, après avoir séjourné autrefois à un niveau plus élevé qu'aujourd'hui, s'est abaissé lentement et tranquillement jusqu'à celui où il se trouve aujourd'hui.

Une élévation graduelle et insensible de la terre ferme peut aussi servir à expliquer plusieurs phénomènes géologiques produits par la dénudation sur une grande échelle. Si, par exemple, au lieu des roches granitiques et dures de la Norwége et de la Suède, c'était une partie considérable du lit de l'Atlantique, consistant principalement en strates tendres, qui s'élevât de siècle en siècle, dans la proportion d'un demi-pouce ou d'un pouce (12^{mil},5 ou 25^{mil}) environ par année, on conçoit combien il serait facile aux courants océaniques, tels que ceux qui ont été décrits dans le septième chapitre du second volume de cet ouvrage, d'entraîner la mince pellicule de matière ainsi amenée chaque année dans la sphère de la dénudation aqueuse. L'étendue soulevée présenterait, lorsqu'elle serait totalement émergée, des plateaux et des chaînes de strates horizontales, entrecoupés par des vallées et par de vastes plaines, là où originairement, et pendant sa période de submersion, la surface était unie et presque uniforme.

Ces conjectures ne se rapportent qu'à des changements superficiels; mais il en est d'autres qui doivent s'accomplir d'une manière incessante dans les régions souterraines. Les fondations de la contrée, ainsi graduellement soulevée en Suède, doivent subir d'importantes modifications, qui, soit qu'on

les attribue à la dilatation de la matière solide sous l'influence d'une température toujours croissante, ou à la liquéfaction des roches, ou à la cristallisation d'un fluide, ou à l'accumulation de gaz soulevants, ne peuvent jamais, quelles que soient les conjectures auxquelles on se livre, permettre de douter qu'à une certaine profondeur au-dessous de la Suède et de la Baltique, la structure du globe n'éprouve de nos jours un changement continu s'étendant probablement sur un espace de plus d'un millier de milles en longueur, et de plusieurs centaines de milles en largeur.

CHAPITRE X.

CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS.

Connexion intime entre les causes des volcans et celles des tremblements de terre. — Supposition relative à la fluidité originaire de notre planète. — La forme sphéroïdale de la terre ne prouve pas sa fluidité universelle dans le principe. — Tentative pour calculer l'épaisseur de la croûte solide de la terre par le mouvement de précession. — Augmentation de la température des mines avec leur profondeur. — Objections contre l'hypothèse de la chaleur intense d'un fluide central. — Examen de la question de savoir si des changements chimiques peuvent donner lieu au développement de la chaleur volcanique. — Courants d'électricité circulant dans l'écorce terrestre. — Théorie d'un noyau métallique inoxidé. — Les oxides métalliques peuvent être désoxidés par l'hydrogène lorsqu'ils sont échauffés.

D'après la description que nous avons donnée des phénomènes relatifs aux tremblements de terre et aux volcans, il n'est guère possible de douter qu'ils n'aient, jusqu'à un certain point, une origine commune : nous allons maintenant nous livrer à l'examen de leurs causes probables, en commençant par réca-

pituler quelques uns des points de relation et d'analogie qui conduisent naturellement à leur attribuer une origine identique.

C'est dans les régions bouleversées par de violents tremblements de terre que se trouvent tous les volcans en activité. Des tremblements de terre, tantôt locaux, et tantôt se manifestant sur de vastes étendues, précèdent souvent les éruptions volcaniques. Les mouvements souterrains et les éruptions se reproduisent de temps à autre sur les mêmes points, mais à des intervalles de temps irréguliers, et avec des degrés de force différents. Leur action peut ne durer que quelques heures, ou se prolonger pendant plusieurs années consécutivement. De violentes révolutions de ce genre sont ordinairement suivies par de longues périodes de tranquillité. Les sources minérales et thermales sont très abondantes dans les contrées de volcans brûlants et sujettes aux tremblements de terre. Enfin, on a vu la température de certaines sources thermales situées dans des régions extrêmement éloignées de tout orifice volcanique, s'élever subitement, et le volume de ces sources augmenter par l'effet de mouvements souterrains.

Tous ces phénomènes sont, évidemment, plus ou moins liés à la transmission de la chaleur de l'intérieur de la terre à la surface; et partout où

il existe des volcans en activité, il doit y avoir au-dessous, à quelque profondeur inconnue, d'énormes masses de matière douées d'une température excessivement élevée, et se trouvant même parfois dans un état permanent de fusion. Nous allons donc rechercher d'abord d'où vient cette chaleur.

Pendant longtemps on a supposé que notre planète entière était à l'origine dans un état de fusion ignée, et que les parties centrales conservaient encore aujourd'hui une grande portion de leur chaleur primitive. Quelques auteurs ont imaginé, avec feu Sir W. Herschel, que la matière élémentaire de la terre pouvait avoir été d'abord dans un état gazeux, analogue à celui des nébuleuses que l'on aperçoit dans le ciel, et dont les dimensions sont si considérables, que quelques unes d'entre elles rempliraient les orbites des planètes les plus éloignées de notre système. On suppose que cette matière aériforme (car dans beaucoup de cas l'apparence nébuleuse ne peut être attribuée à des groupes d'étoiles très éloignées) pourrait, si elle était concentrée, former des sphères solides; mais d'autres observateurs ont pensé que l'émission de la chaleur qui accompagne la condensation de cette matière devait suffire pour maintenir les éléments des nouveaux globes dans un état de fusion ignée.

Sans nous arrêter à de pareilles spéculations,

qui ne peuvent avoir qu'une influence très indirecte sur la géologie, nous considérerons à quel point la forme sphéroïdale de la terre offre un motif suffisant pour admettre que notre globe, à l'origine, était dans un état de fluidité générale. Toute discussion à cet égard serait superflue, si la doctrine de la fluidité primitive était moins généralement répandue; car nous demanderons pourquoi l'on supposerait que, dans le principe, le globe avait une forme différente de celle qu'il a actuellement? — pourquoi les matériaux terrestres, une fois créés, ou réunis ensemble, n'auraient point été soumis à un mouvement de rotation qui leur permît de prendre immédiatement la seule forme capable de maintenir leurs diverses parties à l'état d'équilibre?

Admettons, toutefois, que la figure d'équilibre puisse être une modification de quelque autre forme préexistante, et supposons que le globe ait été d'abord une sphère parfaite, à l'état de repos, et recouverte d'une mer uniforme. — Que serait-il arrivé au moment où elle eût commencé à tourner autour de son axe avec sa vitesse actuelle? Ce problème a été examiné par Playfair, dans ses « Illustrations », et cet examen l'a conduit à penser que si la surface de la terre, telle qu'elle est représentée dans la théorie de Hutton, a subi plusieurs changements, par suite du transport

des détritus de la terre ferme au fond de la mer, la forme de la planète doit, dans ce cas, quelle qu'ait pu être cette forme à l'origine, finir par coïncider avec le sphéroïde d'équilibre (*). Prenant pour point de départ cette même hypothèse, Sir John Herschel observe aussi que dans ce cas il se produirait une force centrifuge dont la tendance générale serait de contraindre les eaux, en chaque point de la surface, *à s'éloigner* de l'*axe*. On pourrait même concevoir une rotation assez rapide pour chasser toute la masse de l'océan de la surface de la terre, comme on expulse l'eau d'un linge mouillé en le faisant tourner rapidement; mais un tel résultat exigerait une vitesse beaucoup plus grande que celle dont il s'agit ici. Dans le cas supposé, le *poids* de l'eau suffirait pour la retenir *sur* la terre, et l'effet de la force centrifuge consisterait simplement à éloigner l'eau des pôles et à la faire refluer vers l'équateur, où elle s'accumulerait sous forme d'anneau, et où elle se trouverait retenue contrairement à son poids et à sa tendance naturelle vers le centre, par la pression ainsi produite. Ceci, toutefois, ne pourrait avoir lieu sans qu'il en résultât la mise à sec des régions polaires,

(*) Illust. of Hutt. Theory (Illustrations de la Théorie de Hutton), § 435-443.

qui, alors, se trouveraient occupées par des continents élevés, tandis qu'une zone océanique entourerait l'équateur. Tel serait le premier effet, l'effet immédiat de l'état de choses supposé dans l'hypothèse en question. Voyons à présent ce qui arriverait plus tard, en laissant les choses suivre leur cours naturel.

« La mer bat continuellement les côtes de la terre ferme; elle les ronge et en disperse sur le fond de son bassin les particules et les fragments, à l'état de sable et de galets. Un grand nombre de faits géologiques attestent que les continents actuels ont tous subi à plusieurs reprises les effets de cette action; qu'ils ont été entièrement démolis, réduits en fragments ou en poudre, submergés, puis reconstruits. La terre ferme ne justifie donc pas, à tous égards, la signification que présente son nom. Comme masse solide, elle peut résister à des forces auxquelles l'eau obéit librement; mais lorsque, dans son état de dégradation subite ou successive, elle se trouve disséminée dans l'eau, sous forme de sable ou de limon, elle participe à tous les mouvements de ce liquide. Ainsi, dans le cours des siècles, les continents seront détruits, et leurs débris se répandront sur le fond de l'océan, où, remplissant les cavités les plus profondes, ils tendront continuellement à rendre à la surface du noyau solide, la

forme d'équilibre. On voit donc, en admettant que le globe terrestre soit doué d'un mouvement de rotation, qu'après un laps de temps suffisant, les protubérances polaires disparaîtront graduellement, et seront transportées à l'équateur (où se trouvera *alors* la *mer la plus profonde*), jusqu'à ce que la terre prenne peu à peu la forme qu'elle possède aujourd'hui, — celle d'un ellipsoïde aplati.

« Nous sommes loin de prétendre que la terre soit ainsi arrivée à prendre sa forme actuelle ; notre seul but est de montrer que telle est la figure qu'elle tend à prendre par suite de sa rotation, et celle qu'elle prendrait, lors même qu'originairement, et en quelque sorte par erreur, elle eût été constituée autrement (*). »

Dans ce passage, l'auteur n'a considéré que les effets superficiels des causes aqueuses ; mais ni lui, ni Playfair ne semblent avoir songé à appliquer le même ordre de considérations à une autre partie du système de Hutton, — celle où cet auteur attribue à la chaleur, la fusion de différentes parties de la terre. Cependant les progrès de la géologie ont toujours confirmé les preuves alléguées à l'appui de l'hypothèse qui admet que des variations locales

(*) Herschel's Astronomy (Traité d'Astronomie par Herschel), chap. III.

de température ont déterminé successivement la fusion des diverses parties de l'écorce du globe, et que cette influence s'est peut-être étendue jusqu'au centre même de la terre. Si, donc, avant que le globe eût pris sa forme actuelle, un mouvement de rotation autour de son axe lui eût été imprimé, toute la matière douée d'un libre mouvement par l'effet de la fusion aurait, avant de se consolider, été poussée vers les régions équatoriales en vertu de la force centrifuge. Ainsi la lave, en se déversant en courants superficiels, eût été retardée dans sa marche lorsqu'elle se fût dirigée vers les pôles, de même que son cours eût été accéléré, en avançant vers l'équateur; ou si, dans les régions équatoriales, il existait alors, en dessous de l'écorce terrestre, des lacs et des mers de lave, comme probablement il s'en trouve aujourd'hui sous les Andes du Pérou, le fluide ainsi comprimé se serait frayé une issue pour sortir et aurait soulevé d'une manière permanente les roches supérieures. La figure d'équilibre du sphéroïde terrestre (dont le plus long diamètre excède le plus court de vingt-cinq milles environ — 9'), peut donc être le résultat de causes graduelles et même de causes encore existantes, et non celui d'un état de fluidité primitive, universelle et simultanée.

Des expériences faites à l'aide du pendule, et des observations sur la manière dont la terre attire la

lune, ont montré que notre planète n'est point une sphère vide, mais, au contraire, que son intérieur, soit solide, soit liquide, a une pesanteur spécifique plus considérable que l'extérieur. De là, aussi, on a conclu que sa densité augmente d'une manière régulière de la surface vers le centre, et que la protubérance équatoriale se continue dans l'intérieur, c'est-à-dire, que des couches d'égale densité sont disposées elliptiquement et symétriquement de l'extérieur au centre. Ces conclusions toutefois doivent être regardées plutôt comme une conséquence de l'hypothèse d'une fluidité originaire et simultanée, que comme le résultat d'un fait prouvé par l'expérience. Les inégalités du mouvement de la lune, dont quelques auteurs se sont servis pour essayer de les corroborer, sont tellement faibles, que l'opinion qui repose sur elles ne peut guère être considérée que comme une conjecture probable.

La densité moyenne de la terre a été calculée par Laplace. Il a trouvé qu'elle était de $5\frac{1}{2}$, ou de plus de cinq fois celle de l'eau. Or, la pesanteur spécifique d'un grand nombre de nos roches est de $2\frac{1}{2}$ à 3, et celle de la plupart des métaux est comprise entre ce taux et 21. Quelques auteurs en ont conclu que le noyau terrestre pouvait être métallique et correspondre, par exemple, à la pesanteur spécifique du fer, qui est de 7 environ. Mais ici une question

intéressante se trouve soulevée à l'égard de la forme que les matériaux, soit liquides, soit solides, prendraient, s'ils étaient soumis à l'énorme pression qui doit s'exercer au centre de la terre. L'eau, si elle continuait à diminuer de volume suivant le degré de compressibilité que l'expérience a indiqué doublerait de densité à la profondeur de quatre-vingt-treize milles (34 l.), et serait aussi pesante que le mercure à celle de trois cent soixante-deux milles (131[1]). Le Docteur Young a calculé qu'au centre de la terre l'acier serait réduit au quart de son volume, et la pierre au huitième du sien (*). Il est plus que probable, cependant, que passé un certain degré de condensation, la compressibilité des corps peut être assujetie à des lois tout-à-fait différentes de celles qu'il nous est donné de soumettre à l'épreuve de l'expérience; mais cette limite n'étant point encore déterminée, la question reste entourée d'une telle obscurité qu'on ne peut s'étonner du grand nombre d'hypothèses qui ont été adoptées à l'égard de la nature du noyau central et de l'état dans lequel il se trouve. Quelques

(*) Young's Lectures, and Mrs. Somerville's Connexion of the Physical Sciences (Lectures de Young, et Connexion des Sciences Physiques, par Madame Somerville), p. 90. (1).

(1) Voir p. 102 de la traduction que j'ai donnée de cet ouvrage, Paris, 1837. T. M.

auteurs ont supposé que ce noyau était fluide, d'autres, qu'il était solide, et plusieurs, enfin, l'ont considéré comme ayant une structure caverneuse, — opinion qu'ils cherchèrent à confirmer par les irrégularités observées en certaines contrées dans les vibrations du pendule.

M. Hopkins a essayé récemment de déterminer l'épaisseur minimum que l'on peut assigner à la croûte solide de la terre, dans l'hypothèse où le globe entier aurait été jadis complétement fluide, et où ses parties extérieures auraient acquis de la solidité par suite d'un refroidissement graduel. Il a tâché d'arriver à ce résultat par une nouvelle solution du problème si délicat du mouvement de précession du pôle de la terre. On sait que pendant que la terre accomplit sa révolution autour du soleil, son axe conserve, à très peu de chose près, la même direction, c'est-à-dire, que ses différentes positions dans l'espace sont toutes presque parallèles les unes aux autres. Ce parallélisme, toutefois, ne se maintient pas dans un état rigoureusement uniforme ; de sorte que l'axe, au lieu de se retrouver chaque année exactement dans la position qu'il occupait l'année précédente, s'incline d'une très faible quantité, mais en conservant toujours, à très peu près, la même inclinaison par rapport au plan de l'orbite terrestre. Ce mouvement du pôle change la position

des équinoxes d'environ cinquante secondes annuellement, et toujours dans la même direction. Ainsi, un jour viendra où l'étoile polaire perdra entièrement ses droits à cette dénomination ; puis, après une période d'un peu plus de 25,000 ans, l'axe de la terre se retrouvera dans sa position angulaire actuelle, et se dirigera, comme aujourd'hui, à très peu près vers l'étoile polaire. On a donné à ce mouvement de l'axe le nom de *précession*. Il est dû à l'attraction du soleil et de la lune sur les parties saillantes de l'équateur terrestre, et si ces parties étaient solides jusqu'à une grande profondeur, le mouvement ainsi produit différerait considérablement de celui qui aurait lieu si elles étaient complétement fluides et incrustées d'une mince pellicule de quelques milles d'épaisseur seulement. M. Hopkins a donc calculé la somme du mouvement de précession qui se produirait si la terre était constituée comme nous l'avons supposé, c'est-à-dire, si elle était fluide intérieurement et recouverte d'une écorce solide. Il a trouvé que la quantité cherchée ne pouvait s'accorder avec le mouvement observé, à moins que la croûte de la terre n'eût une certaine épaisseur. En calculant cette valeur avec toute l'exactitude dont elle est susceptible, quelques doutes s'élèvent par suite de notre ignorance sur les effets de la pression,

lorsque la solidification de la matière a lieu sous de hautes températures. L'hypothèse la moins favorable à une grande épaisseur est celle qui admet que la pression n'exerce aucun effet sur l'acte de la solidification. Mais, dans cette supposition même, l'épaisseur de la croûte solide du globe devrait être à peu près de *quatre cents milles* (145[l]); et si l'influence solidifiante de la pression était considérable, il faudrait probablement que cette épaisseur fût de huit cents milles (290[l]), pour qu'on pût s'expliquer la quantité observée du mouvement de précession (*).

Nous remarquerons aussi qu'une épaisseur encore *plus grande* s'accorderait parfaitement avec les phénomènes actuels; et ces calculs ne sont point contraires à l'hypothèse qui admet l'état de solidité générale du globe entier. Ils ne sauraient non plus nous empêcher de supposer que des mers ou de grands lacs de matière en fusion puissent être distribués dans une écorce de 400 ou de 800 milles d'épaisseur, pourvu qu'ils soient disposés de manière à se mouvoir avec elle, quel que puisse être le mouvement de rotation communiqué à cette masse par les forces perturbatrices du soleil et de la lune.

Chaleur centrale. — L'hypothèse de la fluidité

(*) Phil. Trans. 1839.

intérieure réclame un examen d'autant plus attentif, qu'on sait que la chaleur augmente dans les mines à mesure qu'on y descend. Des observations ont été faites, non seulement sur la température de l'air dans les mines, mais aussi sur celle des roches, et de l'eau qui en sort. La proportion moyenne de l'augmentation de la chaleur, calculée d'après les résultats obtenus dans six des mines de houille les plus profondes du Durham et du Northumberland est de 1° Fahr. pour quarante-quatre pieds Anglais (1° centigrade, pour 24^{m}) de profondeur(*). Une série d'observations faites à diverses profondeurs, entre deux cents et plus de neuf cents pieds (61^{m} et 274^{m}), dans plusieurs des principales mines de plomb et d'argent de la Saxe ont donné 1° Fahr. pour soixante-cinq pieds (1° centigr. par 36^{m}). Pour ces expériences, on avait pratiqué dans la roche des cavités où la boule du thermomètre était logée; mais dans d'autres mines de la même contrée, on a été obligé de descendre trois fois aussi bas pour chaque degré de température (**).

Un thermomètre placé par M. Fox dans la roche de la mine de Dolcoath (Cornouailles), à la profondeur de 421^{m}, fut fréquemment observé pen-

(*) Ed. Journal of Sci. Avril, 1832.

(**) Cordier, Mémoires de l'Institut, tome VII.

dant dix-huit mois; il accusait moyennement une température de 24°,2 centigr. ; celle de la surface étant de 10°, ce qui donne 1° centigrade d'accroissement de chaleur pour 30m de profondeur.

Kupffer, après un certain nombre de comparaisons faites entre les résultats obtenus dans diverses contrées, crut pouvoir établir qu'en moyenne l'augmentation de la chaleur était de 1° Fahr. par trente-sept pieds Anglais (1° centigr. par 20m) (*). M. Cordier annonce, comme résultat de ses observations sur la température de l'intérieur de la terre, que la chaleur augmente rapidement avec la profondeur; mais que l'augmentation ne suit pas la même loi par toute la terre; elle peut être double ou triple d'un pays à un autre, sans que ces différences soient en rapport constant avec les latitudes ni avec les longitudes (**). Quoi qu'il en soit, M. Cordier pense que l'augmentation de chaleur ne peut pas être fixée, en moyenne, à moins de 25m par degré centigrade (***). Le puits artésien qu'on

(*) Annales de Poggendorf, tome XV, p. 159.

(**) Voyez le Mémoire de M. Cordier sur la Température de l'Intérieur de la Terre, lu à l'Académie des Sciences, le 4 juin 1827. — Voir aussi : Edin. New. Phil. Journal, N° VIII, p. 273.

(***) Cordier, Mém. de l'Inst., tome VII.

perce à l'abattoir de Grenelle, à Paris, donnait à peu près 1° centigr. d'accroissement de température par 31^{m}, lorsqu'il eut atteint une profondeur de 400^{m} (1).

Quelques auteurs ont essayé de rapporter ces phénomènes de température (qui, bien que discordants à l'égard du taux de l'accroissement, paraissent tous agir dans le même sens) à la condensation de l'air qui descend constamment de la surface dans les mines ; car l'air, lorsqu'il est comprimé, doit dégager de la chaleur latente, par la même raison qu'il devient plus froid lorsqu'il est raréfié dans les hautes régions de l'atmosphère. Mais, indépendamment de ce que la quantité de chaleur observée est bien plus grande que celle que l'on peut attribuer à une telle cause, cet argument a été réfuté par M. Fox, qui a démontré que dans les mines du Cornouailles, les courants d'air ascendants avaient, en général, une température plus élevée que les courants descendants. Cette différence qui paraît varier entre 9 et 17° Fahr. (5° et 9°,4

(1) Voir, pour la suite de ces expériences, la note de la p. 93, tome II du présent ouvrage, où se trouvent indiqués le résultat des observations faites à 400^{m}, puis à 505^{m} de profondeur, et leur concordance avec la température de l'eau jaillissant de 548^{m}.

T. M.

centigr.) prouve qu'au lieu de communiquer de la chaleur aux mines, les courants en question leur en enlèvent, au contraire, une grande quantité (*).

Si nous adoptons, comme résultat moyen, l'évaluation de M. Cordier de 1° centigr. pour 25m de profondeur, et si nous supposons, avec les partisans de la fluidité du noyau central, que la température continue à s'accroître de la surface vers le centre, nous atteindrons le point d'ébullition de l'eau à environ deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) au-dessous de la surface, et celui de la fusion du fer, et de presque toutes les substances connues, à la profondeur de vingt-quatre milles ($8\frac{2}{3}$ l.) à peu près. Wedgwood a estimé la température du fer fondu à 21,000° Fahr. (près de 11,700° centigr.); mais son pyromètre donne, ainsi que cela a été reconnu, des résultats très erronés. La détermination indiquée par le Professeur Daniell pour le point de fusion de ce métal est 2786° Fahr. (plus de 1500° centigr.) (**).

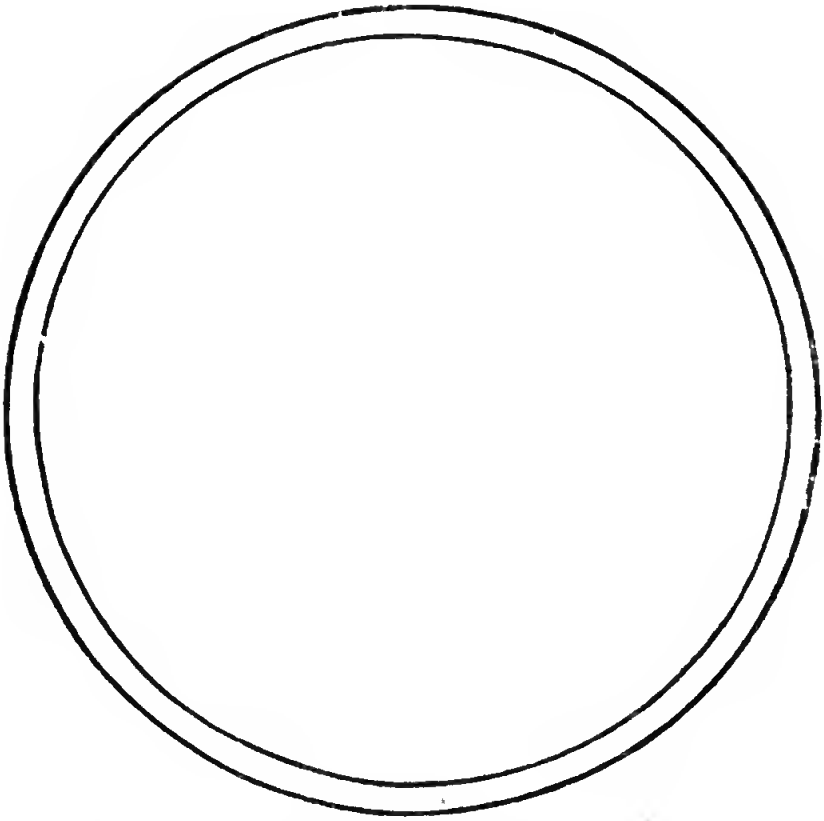
(*) Phil. Mag. and Ann. Février, 1830.

(**) La chaleur était mesurée dans le pyromètre de Wedgwood par la contraction de l'argile pure dont le volume se réduit lorsqu'on l'échauffe, d'abord, par suite de la perte de son eau de combinaison, puis, plus tard, et après l'application d'une chaleur plus intense, par l'effet d'un commen-

Suivant l'échelle de Daniell, nous devrions rencontrer la matière intérieure en fusion avant de traverser l'épaisseur représentée par la ligne circulaire extérieure, dans le dessin ci-joint (fig. 94); mais si nous adoptons l'autre échelle, celle qui est la moins exacte, nous ne rencontrerons la masse en fusion qu'en un des points compris entre les deux cercles; l'espace qui sépare ceux-ci représente, en y ajoutant l'épaisseur des lignes elles-mêmes, une croûte de deux cents milles (72). Dans l'un et l'autre cas, nous devons admettre qu'une température de beaucoup supérieure à celle qui suffit pour fondre les substances les plus réfractaires que nous connaissions, réside au centre du globe, et qu'une croûte, comparativement très mince, et reposant sur la matière fluide, reste à l'état solide, ou même, suivant M. Cordier, augmente d'épaisseur, par l'addition continuelle de nouvelles couches intérieures qui se solidifient pendant l'acte du refroidissement.

cement de vitrification. M. Daniell a eu recours à la dilatation du platine dans son pyromètre, dont les résultats ont été trouvés uniformes et d'accord avec ceux que l'on a obtenus à l'aide de divers autres procédés. L'instrument pour lequel l'auteur a reçu, en 1833, de la Société Royale, la Médaille de Rumford, est décrit dans les Phil. Trans. (Transactions Philosophiques), 1830, part. II, et 1831, part. II.

Fig. 94.



Section de la terre, dans laquelle la largeur de la ligne extérieure représente une épaisseur de vingt-cinq milles (9 *l.*); *l'espace compris entre les deux cercles indique, en y ajoutant la largeur des lignes elles-mêmes, une profondeur de* 200 *milles* (72 *l.*)

Les calculs de Fourier sur la propagation de la chaleur à travers les corps conducteurs ont été invoqués à l'appui de ces idées, comme ayant démontré que la coexistence de la température actuelle de la surface avec une chaleur intense à une certaine

profondeur, pouvait très bien concorder avec la théorie. Mais le raisonnement de Fourier ne semble être applicable qu'à la conductibilité de la chaleur à travers les corps solides ; et les conditions du problème se trouvent complétement changées quand on argumente dans l'hypothèse d'un noyau fluide, ainsi qu'on doit le faire si l'on suppose que la chaleur augmente de la surface à l'intérieur, suivant la proportion observée dans les mines. Car, dès que la température de la portion inférieure d'un fluide s'accroît, un mouvement de circulation s'établit dans la masse par suite de la tendance qu'ont les courants chauds à s'élever, et les courants froids à descendre. Et cette circulation, qui est tout-à-fait distincte du mode suivant lequel la chaleur se propage à travers les corps solides, doit évidemment se produire dans l'océan central supposé, si les lois qui président aux mouvements des fluides et à la propagation de la chaleur sont les mêmes à l'intérieur de la terre et à la surface.

Daniell, dans les dernières expériences qu'il a faites pour déterminer la chaleur de certains corps à leur point de fusion, a trouvé constamment qu'on ne pouvait élever la température d'un grand creuset contenant du fer, de l'or ou de l'argent fondu, d'un seul degré au-dessus du point de fusion de ces divers métaux, tant qu'une barre de l'un d'eux était

plongée dans les portions à l'état liquide. Il en était de même, à l'égard de diverses autres substances, quelque considérables que fussent les quantités de matière en fusion, leur chaleur ne pouvait être augmentée tant que quelques parties solides, plongeant dans les parties liquides, n'étaient point fondues, — chaque nouvelle quantité de chaleur se trouvant instantanément absorbée pendant leur liquéfaction. Ces résultats ne sont, en définitive, que l'extension d'un principe qui a été déjà établi, savoir, qu'aussi longtemps qu'un fragment de glace reste dans l'eau, on ne peut élever la température de ce liquide au-dessus de 32° Fahr. (0° centigr.).

Si donc, la chaleur du centre de la terre s'élève, ainsi que M. Cordier le regarde comme très probable, à 250,000° centigrades, c'est-à-dire, à vingt fois environ la chaleur du fer fondu, d'après l'échelle de Wedgwood, et à plus de cent soixante fois suivant le pyromètre perfectionné, il est évident que les parties supérieures de la masse fluide ne pourront se maintenir pendant longtemps à une température égale seulement à celle que réclame la fusion des roches. Une tendance continuelle à un état uniforme de chaleur devra se manifester, et jusqu'à ce que cet équilibre soit établi par le mélange des parties liquides, douées de densités différentes, la surface ne pourra com-

mencer à se solidifier. On ne peut pas non plus, dans l'hypothèse de la fluidité primitive, admettre que la croûte se soit formée avant que la température de la planète *entière* ait diminué au point de n'être plus à peu près qu'à la température de la fusion naissante.

En vain objecterait-on que la pression hydrostatique doit empêcher toute tendance à l'équilibre de la température; car, autant que l'on peut en juger par les observations faites jusqu'à ce jour, les eaux des mers et des lacs profonds sont soumises à la même loi que celles d'un étang très bas; et aucune expérience n'indique que les solides résistent à la fusion sous une haute pression. Le lecteur n'a sans doute pas perdu de vue que les arguments que l'on combat ici sont toujours tirés de la supposition que le noyau intérieur de la terre est à l'état de fusion.

Peut-être dira-t-on que nous pouvons nous maintenir sur la surface durcie d'un courant de lave pendant qu'il est encore en mouvement, — et même descendre dans le cratère du Vésuve après une éruption, et nous tenir sur les scories au moment où chaque crevasse nous laisse apercevoir la roche incandescente, à deux ou trois pieds (61 et 91c) au-dessous de nous, ce qui permet de supposer qu'un peu plus bas tout est à

l'état de fusion, et qu'à la profondeur de plusieurs centaines de mètres ou de milles, il règne une chaleur beaucoup plus intense encore. — A cela nous répondrons que jusqu'à ce qu'une grande quantité de chaleur ait été abandonnée, soit par l'émission de la lave, soit, sous forme latente, par un dégagement de vapeur d'eau et de gaz, la matière fondue continue à être en ébullition dans le cratère d'un volcan. Mais cette ébullition cesse quand il ne vient plus d'en bas une quantité de chaleur suffisante pour l'entretenir, et il peut alors se former une croûte de lave sur la partie supérieure, ce qui permet à des pluies de scories d'y tomber et de s'y maintenir sans se fondre. Si la chaleur intérieure vient à être augmentée de nouveau, l'ébullition recommence, et bientôt détermine la fusion de la croûte superficielle. De même, dans le cas du courant en mouvement dont nous parlions tout-à-l'heure, nous pouvons supposer en toute assurance qu'aucune partie du liquide qui se trouve au-dessous de la surface durcie n'a une température de beaucoup supérieure à celle qui suffit pour le maintenir à l'état de fluidité.

Nous pourrons nous former une idée plus exacte de la doctrine qui fait l'objet de cette controverse en considérant ce qui arriverait si un globe formé de matière homogène se trouvait, à l'égard de la

distribution de la chaleur, placé sous des circonstances analogues à celles qui ont été précédemment établies. Si toute la planète, par exemple, était composée d'une masse d'eau, recouverte à la surface d'une croûte sphéroïdale de glace de cinquante milles (18') d'épaisseur, et ayant un océan intérieur doué d'une chaleur centrale équivalant à 6400° Fahrenheit (plus de 3500° centigr.), et si l'espace compris entre la surface et le centre renfermait tous les degrés de chaleur intermédiaires entre ceux de la glace fondante et du noyau central, — un tel état de chose pourrait-il durer, même pendant un seul moment? Si l'on est obligé d'admettre que, dans ce cas, le sphéroïde entier se trouverait instantanément dans un état d'ébullition intense, que la glace (au lieu d'être augmentée chaque année par de nouvelles couches intérieures) fondrait bientôt, et ferait partie d'une atmosphère de vapeur, — comment réussira-t-on à prouver que des effets analogues n'auraient pas lieu, pour la terre, en la supposant dans les conditions que réclame la théorie de la chaleur centrale (*)?

(*) Ces remarques sont réimprimées ici mot pour mot, telles qu'elles ont paru en mai 1834, dans ma 3e édition. Un mémoire sur les températures de la partie solide du globe, etc., a été communiqué à l'Académie des Sciences, en Janvier 1837, par M. Poisson. Dans ce mémoire qui présente l'extrait d'un ouvrage intitulé : « Théorie Mathé-

M. Cordier admet qu'il doit y avoir des marées dans l'océan intérieur en fusion, mais que leur effet s'est beaucoup affaibli. Il pense qu'à l'origine, lorsque le globe était dans un état de fluidité complète, « les plus grandes de ces anciennes marées terrestres ne pouvaient pas avoir moins de quatre à cinq mètres. » Or, en supposant que ces marées soient devenues assez faibles pour ne pouvoir pas occasionner toutes les six heures un mouvement de soulèvement, puis un mouvement de dépression dans l'écorce fissurée de la terre, ne devrons-nous point encore nous demander si, au moment d'une éruption, la lave, que l'on suppose être en communication avec un grand océan central, ne s'élèverait pas et ne s'abaisserait pas sensiblement dans un cratère tel que celui du Stromboli, par exemple, qui renferme toujours de la matière en ébullition ?

Examen de la question de savoir si des changements chimiques peuvent donner lieu à un déve-

matique de la Chaleur », que ce savant géomètre a publié en 1835, l'auteur combat la doctrine de la haute température d'un fluide central, par des arguments semblables à ceux qui ont été ci-dessus avancés. Il suppose que si le globe a jamais passé d'un état liquide à un état solide par l'effet du rayonnement de la chaleur, c'est le noyau central qui doit avoir le premier commencé à se refroidir et à se consolider.

loppement de chaleur volcanique. — Après avoir exposé les motifs qui m'ont conduit à mettre en doute l'hypothèse de la chaleur centrale comme cause première de l'action volcanique, il me reste à examiner celle que l'on désigne sous la dénomination de théorie chimique des volcans. C'est un fait bien connu que le plus grand nombre, et même peut-être la totalité des substances dont la terre est formée, subissent à chaque instant des changements chimiques. On ne peut guère se livrer qu'à des conjectures quant à la profondeur à laquelle s'exerce cette action, mais il n'y a nulle raison de supposer que si nous descendions à une grande distance de la surface, nous trouverions des substances élémentaires différant essentiellement de celles que nous connaissons.

Playfair a essayé de déduire d'une observation faite par Pallas, dans la presqu'île de Tauris, qu'à l'aide des recherches géologiques, nous pouvons en quelque sorte pénétrer dans l'intérieur de la terre jusqu'à la distance de trente milles, (près de 11 l.), ou même plus ; Pallas ayant, d'après cette observation, décrit une série de strates parallèles aussi régulières que les feuillets d'un livre, inclinées de 45° par rapport à l'horizon, et se trouvant à découvert dans une section de quatre-vingt-six milles anglais (31 l.) de longueur. La hauteur de la chaîne de collines com-

posées de ces strates n'excède pas douze cents pieds (366m) ; mais si l'on mesure l'épaisseur de la masse stratifiée au moyen d'une ligne perpendiculaire à sa stratification, on trouve que, dans le principe, la couche supérieure devait être à plus de soixante milles (près de 22 l.) de la strate la plus inférieure; et même en admettant, dit Playfair, que les strates aient subi quelque déplacement pendant leur soulèvement, on peut encore supposer une épaisseur de trente milles (11 l.). Mais si l'on admet qu'une erreur de moitié ait eu lieu par suite du déplacement, on demandera pourquoi la même cause n'aurait pas produit une erreur bien plus grande encore. De plus, il est reconnu en géologie que souvent les strates se sont accumulées originairement sur un plan incliné, ainsi qu'aujourd'hui encore cela doit avoir lieu partout où les rivières et les torrents déposent dans une eau profonde du sable, du limon et du gravier. Quand les couches ont été formées de cette manière sur une pente, on peut aisément les prendre pour des strates horizontales qui auraient éprouvé quelques dérangements par suite de mouvements ultérieurs, et dans ce cas, on s'exagère aisément l'épaisseur verticale du dépôt primitif.

Néanmoins, puisqu'on rencontre dans les chaînes de montagnes des strates de plusieurs milliers de

pieds d'épaisseur, qui, bien qu'elles doivent avoir été formées au fond de la mer, se trouvent aujourd'hui à une hauteur de trois ou quatre milles (1 l. ou 1 $\frac{1}{3}$ l.) au-dessus de son niveau, on peut fort bien admettre que des roches, telles que celles qu'on observe actuellement à la surface, existent à la profondeur de plusieurs lieues au-dessous.

Nous rappellerons ici que tous les corps solides, fluides et gazeux qui concourent à la composition du globe terrestre, consistent en un très petit nombre de substances élémentaires, combinées de diverses manières. La totalité des éléments connus jusqu'à ce jour ne s'élève pas à soixante, et sur ce nombre il n'y en a pas même moitié qui entrent dans la composition des corps inorganiques les plus abondants.

Quelques parties des composés ci-dessus mentionnés sont journellement réduites à l'état élémentaire, et leurs éléments, en devenant libres, forment toujours de nouvelles combinaisons. Mais ces actions ne sont point limitées à la surface, et presque constamment elles sont accompagnées d'un dégagement de chaleur, dont l'intensité est proportionnée à la rapidité avec laquelle s'exécutent les combinaisons. En même temps il y a développement d'électricité.

On sait qu'un mélange de soufre et de fer, en-

foncé dans le sol et exposé à l'humidité, donne lieu à un dégagement de chaleur suffisant pour l'amener graduellement à l'état de combustion, et pour mettre en feu tous les corps qui se trouvent près de lui. L'expérience suivante a été faite par Lemery : — on mêle une grande quantité de limaille de fer bien pure avec une proportion encore plus grande de soufre, et avec autant d'eau qu'il est nécessaire pour amener ce mélange à l'état de pâte ferme ; puis, on l'enterre dans le sol, que l'on presse ensuite fortement. En peu d'heures le mélange s'échauffe et se gonfle au point de soulever le sol ; des vapeurs sulfureuses, et même quelquefois des flammes, se font jour à travers les crevasses. Rarement il y a explosion ; mais quand cela arrive, c'est que le feu est actif, et si les substances qui forment le mélange sont en proportions considérables, la chaleur et le feu se maintiennent pendant fort longtemps. (*)

La combustion spontanée des lits de schiste bitumineux et du charbon de rebut qu'on rejette hors des mines, est due généralement aussi à la décomposition des pyrites ; et c'est, non le contact de l'air, mais celui de l'eau, qui détermine le changement. Une chaleur des plus intenses résulte des diverses combinaisons nouvelles qui s'opèrent immédiate-

(*) Daubeny's Volcanos, p. 356.

ment quand le soufre et les autres substances sont mis en liberté. De semblables effets se produisent souvent dans les mines où il n'existe aucune matière charbonneuse, mais où des substances susceptibles d'être décomposées par l'eau se trouvent réunies.

La cause qui donne lieu à un dégagement de chaleur, lorsque des corps ayant une grande affinité mutuelle se réunissent subitement, est complétement inconnue; mais il est un fait à remarquer, c'est que, bien que la combinaison chimique détermine un développement de chaleur, la désunion des éléments ne produit pas l'effet contraire, ou un degré de froid correspondant. La décomposition résulte ordinairement de la combinaison d'un seul ou de plusieurs des éléments d'un composé avec une substance nouvelle, et cet agent additionnel peut être considéré comme neutralisant ou contrebalançant les effets frigorifiques qui, sans lui, pourraient se manifester. Mais très souvent il arrive que cette explication est complétement inapplicable, — dans le cas, par exemple, où l'on emploie la pile voltaïque pour produire quelque décomposition, ou dans le cas, plus remarquable encore, de l'iodure d'azote, poudre détonante qui fait explosion avec violence à l'air libre au moment où elle se trouve en contact avec un corps froid. Les deux éléments qui forment ce composé

binaire se dégagent sous forme gazeuse, et ne s'unissent à aucun autre corps : l'iode s'échappe sous forme de vapeur violette, et l'azote peut être recueilli séparément. Quelque rapide que soit leur séparation, on a observé qu'elle donne lieu à un dégagement de chaleur et de lumière, et non de froid.

De l'électricité considérée comme source de chaleur volcanique.— Il a été déjà établi que les changements chimiques développent de l'électricité, et que celle-ci, à son tour, devient une cause puissante de perturbation. Comme agent chimique, dit Davy, son action lente et silencieuse dans l'économie de la Nature est beaucoup plus importante que celle qui nous apparaît avec tant d'éclat et de force dans l'éclair et le tonnerre. Elle peut être considérée non seulement comme donnant lieu directement à une multitude de changements, mais de plus, comme exerçant de l'influence sur presque tous ceux qui s'accomplissent : ainsi, il semblerait que l'attraction chimique elle-même n'est qu'une forme particulière sous laquelle se manifeste l'attraction électrique (*).

Maintenant qu'il a été démontré que le magnétisme et l'électricité se trouvent toujours associés, et

(*) Consolations in Travel, p. 271.

qu'ils ne sont peut-être que deux états différents de la même force, les phénomènes du magnétisme terrestre sont devenus d'un très grand intérêt pour le géologue. Peu de temps après les premières grandes découvertes d'Œrsted sur l'électro-magnétisme, Ampère émit l'opinion que tous les phénomènes de l'aiguille aimantée pouvaient s'expliquer en admettant que des courants d'électricité circulent constamment dans l'écorce du globe, dans des directions parallèles à l'équateur magnétique. Cette théorie a acquis de plus en plus de consistance à mesure que la science a fait de nouveaux progrès; et les expériences de M. Fox, sur les propriétés électro-magnétiques des veines métallifères, semblent avoir fait apercevoir des traces de courants électriques dans l'intérieur de la terre (*).

Plusieurs physiciens attribuent ces courants à l'action chimique qui s'exerce dans les parties superficielles du globe, sur lesquelles l'air et l'eau ont immédiatement accès; tandis que d'autres les rapportent, en partie du moins, à la thermo-électricité excitée par l'action des rayons solaires sur la surface de la terre pendant sa rotation, les diverses parties des continents et des mers étant successivement exposées à l'influence du soleil, puis refroidies

(*) Phil. Trans. 1830. p. 399.

pendant la nuit. Ce qui prouve que cette donnée n'est point une simple conjecture, c'est d'une part, le rapport entre les variations diurnes de l'aiguille aimantée et le mouvement apparent du soleil; et de l'autre, la plus grande somme de variation qu'on observe en été qu'en hiver, et pendant le jour que pendant la nuit. M. de la Rive, tout en admettant que ces faibles variations de l'aiguille peuvent être dues à la thermo-électricité, soutient que l'on doit attribuer les phénomènes généraux du magnétisme terrestre à des courants beaucoup plus intenses, qui, bien que sujets à des variations séculaires, agissent avec une constance et une régularité beaucoup plus grandes que les causes qui donnent lieu aux variations diurnes (*). Cette remarque semble juste; et pourtant il est difficile d'assigner des limites à l'influence accumulée d'une force, même très faible, agissant d'une manière constante sur toute la surface de la terre. Ce sujet restera donc très probablement dans l'obscurité, jusqu'à ce que nous parvenions à connaître les causes qui donnent une direction déterminée aux courants électriques supposés. Déjà, les expériences de Faraday sur la rotation des aimants l'ont conduit à des conjectures sur la manière dont la terre, une

(*) Biblioth. Univers., 1833, Électricité.

fois devenue magnétique, a pu, par suite de sa rotation diurne, engendrer dans sa propre masse des courants électriques (*).

Avant d'abandonner les considérations relatives à la thermo-électricité, nous remarquerons que cette force peut être produite par de grandes inégalités de température provenant d'une distribution partielle de la chaleur volcanique. Ainsi, partout où des masses de roche d'une épaisseur considérable, et s'étendant horizontalement sur un vaste espace, sont en un point, à l'état de fusion (comme sous quelques volcans brûlants) ; en un autre, à un degré de chaleur correspondant au rouge ; et en un troisième point, enfin, à une température froide comparativement, — une forte action thermo-électrique peut se développer.

Peut-être objectera-t-on que c'est, comme on le dit, faire un cercle vicieux que de présenter d'abord l'électricité comme une des causes premières de la chaleur volcanique, et de faire dériver ensuite cette même chaleur des courants thermo-électriques. Quoi qu'il en soit, il doit nécessairement y avoir une action réciproque entre les agents en question ; et il est très difficile de décider lequel des deux doit être considéré comme la cause de l'autre, ou de déterminer

(*) Phil. Trans., 1832, p. 176 ; voir aussi p. 172, 173, etc.

les limites auxquelles la suite de changements, une fois commencée, s'arrêtera.

Ce n'est que dans l'atmosphère que nous observons ordinairement l'action de l'électricité, et il est probable qu'il ne se passe pas un moment sans que la foudre ne frappe quelque partie de la terre. Le fluide électrique brise les rochers et fond à l'instant les substances qui d'habitude sont regardées comme infusibles. On suppose que l'atmosphère emprunte directement à la terre une grande partie de cette électricité (*); et M. Necker semble avoir réussi à établir qu'il y a connexion entre la direction des courbes d'égale intensité magnétique, et la *direction* des principales chaînes de montagnes (**). D'autres physiciens attribuent l'électricité de l'air à l'évaporation de l'eau de mer que le soleil occasionne, l'expérience démontrant que la transformation de l'eau salée en vapeur est accompagnée d'un dégagement d'électricité; mais cette action se produit sur une si vaste échelle, — la mesure de la quantité d'eau évaporée étant donnée par le débit constant de toutes les rivières de la terre, abstraction faite de la pluie qui tombe directement dans l'océan, — que, quelque faible qu'elle soit,

(*) Faraday, Phil. Trans., 1832, p. 177.
(**) Biblioth. Univers., tome XLIII, p. 166.

elle peut devenir extrêmement puissante par suite de sa grande accumulation.

Presque toujours, pendant les éruptions volcaniques, on observe des éclairs très vifs dans les nuages de vapeur qui s'élancent du cratère; et comme il arrive constamment qu'une ou plusieurs éruptions se manifestent au même moment sur le globe, ici se présente une autre source continuelle de perturbation. Jusqu'à quel point les courants électriques souterrains possèdent-ils le pouvoir décomposant de la pile voltaïque? C'est une question qui ne peut être résolue que par ceux qui ont poussé le plus loin les découvertes dans une science dont les progrès sont si rapides; en tout cas, une telle force deviendrait une source intarissable d'actions chimiques, et il serait possible que la chaleur volcanique fût un de ses effets.

Récapitulation. — Dans le chapitre suivant je traiterai plus à fond la question de savoir jusqu'à quel point les phénomènes relatifs aux volcans et aux tremblements de terre s'accordent avec l'hypothèse d'une production continue de chaleur due à l'action chimique. Mais, avant de nous livrer à de nouvelles considérations sur ce sujet, nous résumerons en peu de mots les conclusions auxquelles nous sommes déjà arrivés.

1° Les causes premières des volcans et des tremblements de terre sont, à très peu de chose près, les mêmes, et doivent se rattacher à la transmission de la chaleur de l'intérieur du globe à la surface.

2° Cette chaleur a été attribuée par plusieurs auteurs à l'état de fusion ignée dans lequel on a supposé qu'étaient, à l'origine, les parties centrales de la planète, et dans lequel se trouverait encore une portion du globe à l'intérieur, mais avec une intensité toujours décroissante.

3° La figure sphéroïdale de la terre, dont s'appuie cette théorie, n'implique pas nécessairement une fluidité universelle et simultanée, lors de la création de la planète ; car en admettant que sa forme primitive ait été parfaitement sphérique, — ce qui, toutefois, est une supposition gratuite, ne reposant sur aucune analogie connue, — toujours est-il qu'après un laps de temps suffisant, la terre a dû prendre la figure d'équilibre, par suite de l'action graduelle de la force centrifuge, s'exerçant sur les matériaux amenés successivement dans sa sphère d'action par les causes aqueuses et ignées.

4° L'expérience a prouvé que la chaleur, dans les mines, augmente progressivement avec leur profondeur ; or, si la proportion de cette augmentation continue d'une manière uniforme de la surface à l'intérieur, le globe entier doit, à l'exception d'une

écorce très mince, être fluide, et les parties centrales doivent avoir une température plusieurs fois plus élevée que celle du fer fondu.

5° Mais la théorie adoptée par M. Cordier, ainsi que par plusieurs autres auteurs, et par laquelle on admet l'existence actuelle d'un tel état de choses, semble tout-à-fait en désaccord avec les lois qui règlent la transmission de la chaleur à travers les fluides. Car, si la chaleur centrale était aussi intense qu'on le suppose, il devrait y avoir une circulation de courants, tendant à égaliser la température des masses en liquéfaction, et la croûte solide elle-même serait à l'état de fusion.

6° Au lieu d'admettre une chaleur centrale primitive, c'est peut-être à des changements chimiques se produisant incessamment dans l'écorce terrestre que l'on doit attribuer la chaleur intérieure du globe; car, en général, l'effet des combinaisons chimiques est de donner lieu à un dégagement de chaleur et d'électricité, — agents qui, à leurtour, déterminent des changements chimiques nouveaux.

7° L'existence de courants électriques dans l'écorce du globe a été déduite des phénomènes du magnétisme terrestre; des rapports qui subsistent entre les variations diurnes de l'aiguille aimantée et le mouvement apparent du soleil; des observations qu'on a faites sur les propriétés électro-magnétiques

des veines métallifères; et, enfin, de l'électricité atmosphérique, qui se transmet sans cesse de l'air à la terre.

8° Les courants électriques souterrains peuvent exercer une lente action de décomposition comme celle de la pile voltaïque, et devenir ainsi une source constante d'action chimique, et par conséquent de chaleur volcanique.

CHAPITRE XI.

CAUSES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ET DES VOLCANS.

(*Suite.*)

Recherche des preuves de la chaleur intérieure. — Théorie d'un noyau métallique inoxidé. — Examen de la question de savoir si la décomposition de l'eau peut être considérée comme une des causes de la chaleur volcanique. — Geysers d'Islande. — Causes des tremblements de terre. — Mouvement ondulatoire. — Force expansive des gaz à l'état liquide. — Rapports entre l'état de l'atmosphère et les tremblements de terre. — Soulèvement et abaissement permanents des continents. — Dilatation des roches par l'effet de la chaleur. — Comment se conserve l'équilibre de la terre ferme. — Excès de la dépression. — Conclusion.

Lorsqu'on pense que les plus hautes montagnes ne sont que d'insignifiantes protubérances sur la surface de la terre, et que ces montagnes se composent néanmoins de différentes parties qui ont été formées successivement, on a lieu de s'étonner que la fluidité centrale de notre planète ait été appelée à rendre compte des phénomènes volcaniques. Supposer le globe entier à l'état de fusion

ignée, à l'exception d'une écorce solide de trente à cent milles (11 et 36 l.) d'épaisseur au plus, et admettre que la chaleur centrale de ce sphéroïde fluide excède de plus de deux cents fois celle de la lave en fusion, c'est faire intervenir une force tout-à-fait disproportionnée aux effets qu'il s'agit d'expliquer.

Le repos ordinaire de la surface implique, au contraire, une inertie remarquable dans la masse intérieure. Quand on considère la nature combustible des éléments dont est formée la partie du globe terrestre que nous connaissons, — la facilité avec laquelle leurs composés peuvent être désunis, et donner naissance à des combinaisons nouvelles,—la quantité de chaleur qu'ils émettent pendant ces diverses actions ; quand on se retrace les effets de la force expansive de la vapeur, et qu'on voit que l'eau elle-même est composée de deux gaz qui, par leur réunion, produisent une chaleur intense ; quand on se rappelle le nombre de composés explosifs et détonants qui ont été déjà découverts, il est bien permis de s'étonner, avec Pline, qu'un seul jour se passe sans qu'une conflagration générale ait lieu : — « Excedit profectò omnia miracula, ullum diem fuisse quo non cuncta conflagrarent (*). »

Les indices de chaleur intérieure que l'on peut

(*) Hist. Mundi, lib. II, c. 107.

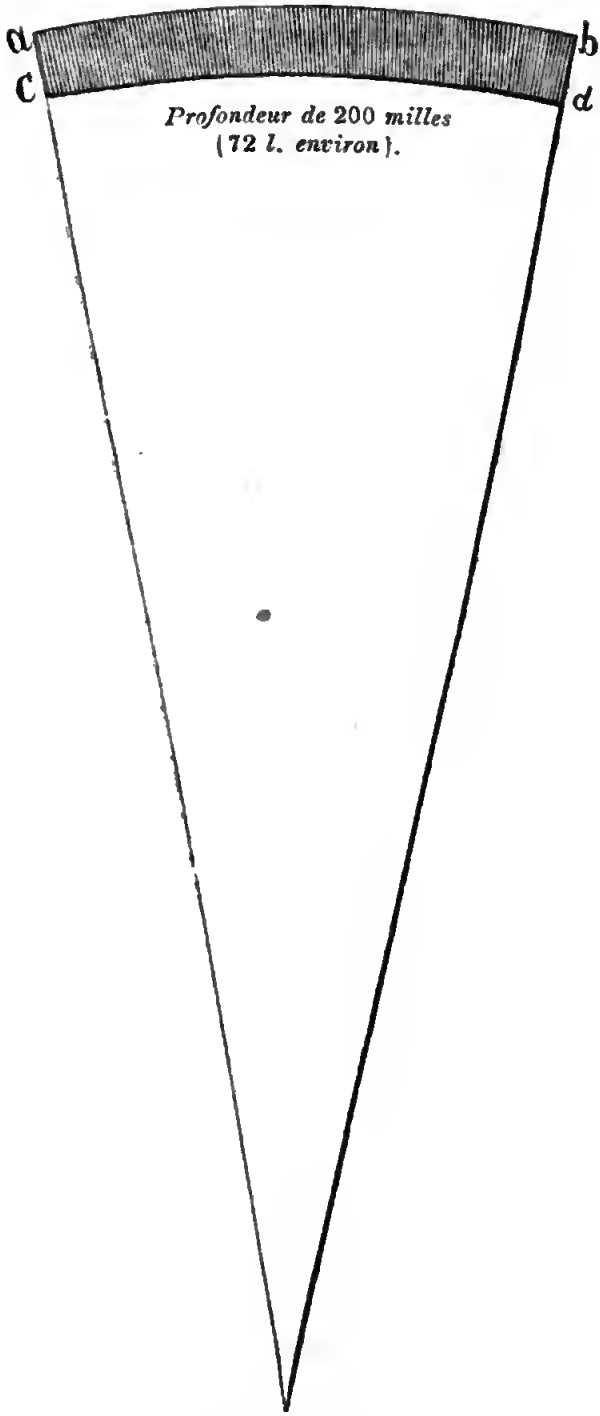
observer sur la surface de la terre ne prouvent pas nécessairement l'existence permanente de masses souterraines échauffées, soit fluides, soit solides, aussi vastes, à beaucoup près, que nos continents et que nos mers; cependant, combien ces derniers paraîtraient insignifiants si l'écorce du globe sur laquelle ils sont distribués avait cent ou deux cents milles (36 et 721.) de profondeur! — Les principaux faits qui attestent l'accumulation de la chaleur au-dessous de la surface peuvent être énumérés en peu de mots. Plusieurs volcans, comme le Stromboli et le Nicaragua, sont constamment en éruption; d'autres, comme ceux de Sangay dans la province de Quito, du Popocatepetl dans le Mexique, et comme celui de l'Ile Bourbon, ont été en activité pendant des périodes de 60, ou même de 150 années. Un grand nombre de cratères émettent des vapeurs brûlantes pendant les intervalles qui séparent les éruptions, et les solfatares laissent échapper incessamment les mêmes gaz que les volcans. Les « stufas, » — nom que les Italiens donnent à des jets de vapeur qui s'élancent de fissures, telles qu'il s'en trouve souvent dans les régions volcaniques, — ont, pendant plus de vingt siècles, rejeté de la vapeur d'eau à une température extrêmement élevée; — les sources chaudes abondent non seulement dans les régions sujettes aux tremblements de terre, mais

on en trouve aussi dans presque toutes les contrées, quelque éloignées qu'elles puissent être des ouvertures volcaniques; enfin, la température des mines augmente, dans les diverses parties du monde, à mesure que l'on y pénètre plus avant.

C'est probablement à cette émission continuelle de chaleur souterraine qu'est due la tranquillité générale du globe; quant aux convulsions qui de temps à autre se manifestent, elles semblent devoir être attribuées à l'occlusion accidentelle des conduits par lesquels la chaleur est transmise à la surface; car la propagation du calorique de bas en haut peut se comparer au mouvement de l'eau se rendant des continents à la mer; et, ainsi qu'une interruption partielle dans l'écoulement des eaux d'une contrée y occasionne une inondation, de même un obstacle quelconque à la circulation de la chaleur volcanique peut donner lieu à un tremblement de terre ou à une éruption.

La figure suivante (pl. 95) donnera l'idée de la proportion qu'offre l'ensemble de nos continents et de l'océan par rapport au rayon de la terre (*). Si toutes les parties de la surface du globe

(*) Cette figure, a été réduite, avec l'autorisation de l'auteur, d'une de celles qui se trouvent dans la pl. 40 des « Coupes et Vues pour servir à l'explication des Phénomènes Géologiques » de M. de la Bèche.



Centre de la Terre.

qui constituent la terre ferme étaient aussi élevées que les montagnes de l'Himalaya, et que l'océan fût partout aussi profond que la Mer Pacifique, le tout pourrait être contenu dans un espace exprimé par l'épaisseur de la ligne *a b*; et des masses d'un volume à peu près égal occuperaient dans l'intérieur l'espace indiqué par la ligne *c d*. Des mers de lave, du volume de la Méditerranée, ou même de l'Atlantique, seraient donc complétement insignifiantes si elles étaient renfermées dans une enveloppe superficielle du globe égale à celle qui est représentée par la portion ombrée *a b c d* de la figure. Si l'on suppose que dans cet espace des causes électro-chimiques exercent une action incessante, il faut admettre aussi que cette action, lors même qu'elle serait très faible, pourrait donner lieu à une chaleur telle, qu'accumulée en de certains points, elle serait capable de réduire des montagnes entières à l'état de fusion ou de chaleur rouge, et de maintenir pendant plusieurs siècles, au même degré, la température des stufas et des sources thermales.

Théorie d'un noyau métallique inoxidé. — Quand Sir H. Davy découvrit les bases métalliques des terres et des alcalis, il émit l'opinion que ces métaux pouvaient abonder, à l'état non oxidé, dans les régions souterraines où l'eau doit pénétrer quel-

quefois. Il supposait que chaque fois que cette circonstance avait lieu, la matière gazeuse devenait libre, que les métaux se combinaient avec l'oxigène de l'eau, et qu'il se développait une chaleur suffisante pour déterminer la fusion des roches environnantes. Cette hypothèse fut d'abord très favorablement accueillie par les chimistes et par les géologues; car la silice, l'alumine, la chaux, la soude et l'oxide de fer, — substances dont les laves sont principalement composées, — résultent du contact des métaux combustibles dont nous parlions tout-à-l'heure, avec l'eau. Mais d'où provenait cette immense quantité de métaux non saturés dans l'intérieur du globe? On supposa qu'à l'origine des choses, le noyau de la terre était principalement composé de métaux combustibles, et que l'oxidation se produisit d'abord avec une énergie très intense; mais que, lorsque plus tard une croûte superficielle d'oxides eut été formée, l'action chimique s'affaiblit de plus en plus.

Si maintenant nous cherchons à approfondir cette hypothèse, qui n'est qu'arbitraire, comme toutes celles qu'on a proposées touchant l'état primitif du noyau terrestre, nous sommes naturellement conduits à nous demander si, parmi les causes actuellement existantes, il en est qui puissent produire la désoxidation des composés terreux et

alcalins formés de temps en temps par l'action de l'eau sur les bases métalliques. S'il en était ainsi, l'état primitif de ces bases métalliques pourrait être rétabli, l'action chimique s'exercerait d'une manière permanente, et donnerait lieu à une série continue d'opérations. Nous avons précisément dans l'hydrogène, et j'en dois l'observation à M. Daniell, l'agent de désoxidation nécessaire à la production des effets que nous venons d'exposer. Tous les chimistes savent que le passage des oxides à l'état métallique, de ceux mêmes qui sont le plus difficiles à réduire, peut s'effectuer par leur contact avec l'hydrogène à la chaleur rouge ; et il est plus que probable que la production du potassium lui-même, par le procédé ordinaire où l'on emploie un canon de fusil, est déterminée par l'hydrogène qui se dégage, à l'état naissant, de l'eau contenue dans l'hydrate de potasse. Enfin, d'après les expériences récentes de Faraday, il paraîtrait que toutes les fois qu'un métal est, au moyen de la pile voltaïque, précipité de solutions salines, dans lesquelles il se trouve de l'eau, ce phénomène est dû à l'action secondaire de l'hydrogène sur l'oxide ; ces deux derniers corps se transportant au pôle négatif, et réagissant alors l'un sur l'autre.

Il n'a jamais été contesté que le contact fortuit de l'eau avec des bases métalliques, pût donner

lieu à un dégagement considérable de chaleur ; et il est bien certain que pendant la saturation, de grandes quantités d'hydrogène doivent se dégager. L'hydrogène ainsi produit pourrait pénétrer l'écorce de la terre en diverses directions, et rester pendant plusieurs siècles, accumulé dans des fissures et dans des cavernes, parfois à l'état liquide, sous la pression nécessaire. Chaque fois qu'à quelque époque postérieure, ce gaz, par suite des changements produits dans l'écorce du globe par des secousses souterraines, s'est trouvé en contact avec des oxides métalliques à une haute température, la réduction de ces oxides en a toujours été la conséquence nécessaire.

Aucune théorie ne paraît, au premier abord, plus improbable que celle qui représente l'eau comme fournissant un aliment inépuisable aux feux volcaniques ; cependant cette hypothèse est loin d'être dénuée de fondement, comme le témoigne un fait qu'on ne devrait jamais perdre de vue, c'est qu'un grand nombre de volcans sont tout-à-fait sous-marins, et que les autres se trouvent, pour la plupart, dans des îles, ou dans des contrées maritimes. A cela, toutefois, il y a quelques exceptions ; mais, ainsi que l'observe le Dr Daubeny, les volcans qui s'écartent de la règle générale sont situés dans le voisinage de quelque lac intérieur

salé, comme dans la Tartarie Centrale; ou bien ils font partie de quelque chaîne volcanique aboutissant près de l'océan. C'est ainsi que le Xorullo, dans le Mexique, tout en n'étant pas à moins de quarante lieues de la mer la plus rapprochée, paraît se lier, d'un côté, avec le volcan de Tuxtla, qui est au bord de l'Atlantique, et, de l'autre, avec celui de Colima, qui se trouve dans le voisinage immédiat de l'Océan Pacifique. Le parallélisme qui existe entre ces volcans et plusieurs collines volcaniques intermédiaires, rend cette communication plus probable encore (*).

Sir H. Davy suppose que, lorsque les volcans sont à quelque distance de la mer, comme cela arrive quelquefois dans l'Amérique Méridionale, ceux-ci peuvent être alimentés par des eaux provenant de lacs souterrains; ce qui le prouverait, c'est que, d'après l'observation de M. de Humboldt, de grandes quantités de poissons sont souvent rejetées par des volcans pendant les éruptions (**).

Lorsque j'ai traité des sources et des puits jaillissants, j'ai établi que l'eau pénètre dans les roches poreuses jusqu'à de grandes profondeurs, et que l'eau de mer s'introduit vraisemblablement de la même

(*) Voyez les remarques de Daubeny, dans son ouvrage sur les Volcans, page 368.

(**) Phil. Trans., 1828, p. 250.

manière dans les roches qui forment le lit de l'océan. Mais, indépendamment de cette circulation générale dans des régions peu éloignées de la surface, on doit supposer que chaque fois que des tremblements de terre ont lieu, des masses d'eau considérables pénètrent, par suite de la pression de l'océan, dans des fissures à de grandes profondeurs, ou se trouvent englouties dans des gouffres, comme le sont quelquefois, sur la terre ferme, nos villes, nos maisons, notre bétail et nos arbres. On se rappelle que ces gouffres se referment souvent après que des maisons y sont englouties; de même, lorsque l'eau atteint une masse de lave fondue, la vapeur qu'elle forme peut souvent s'échapper par une autre issue que celle par où l'eau a pénétré. Les fréquentes éruptions occasionnées par la production de la vapeur dans le voisinage de la mer ou de quelque lac profond, peuvent ébranler la croûte solide de la terre, et faciliter l'écoulement des gaz et de la lave qui, sans cela, ne se seraient jamais élevés jusqu'à la surface, et n'auraient donné lieu qu'à des tremblements de terre.

Il paraît admis généralement que la vapeur et les gaz qui se dégagent des volcans sont tout-à-fait analogues à ceux qui résulteraient de la décomposition de l'eau salée; et l'on a observé que les vapeurs qui s'échappent des laves du Vésuve déposent du sel

marin (*). L'émission abondante du gaz acide muriatique à l'état de liberté sert d'appui à la théorie de la décomposition du sel contenu dans l'eau de mer. Toutefois, on a objecté que M. Boussingault n'a pas trouvé ce gaz dans la dernière analyse qu'il a faite des fluides élastiques émis par les volcans de l'Amérique équatoriale, qui ne dégagent que de la vapeur d'eau (en très grande quantité), du gaz acide carbonique, du gaz acide sulfureux, et quelquefois des vapeurs de soufre (**).

Mais, pour répondre à cette objection, le Docteur Daubeny a fait remarquer qu'il serait fort possible que l'acide muriatique ne se dégageât plus, parce que l'action volcanique s'est beaucoup affaiblie dans l'Amérique équatoriale. Il se pourrait que l'eau de mer n'atteignît plus les points où elle pénétrait autrefois, ou bien que la chaleur fût insuffisante pour donner lieu à la combinaison de l'alcali contenu dans le sel marin avec les terres au contact desquelles l'eau salée peut se trouver; ou, enfin, si cette combinaison s'opérait, peut-être encore, l'eau pourrait-elle ne pas s'élever jusqu'au cratère, par suite de son action sur les roches calcaires qu'elle aurait à traverser (***).

(*) Davy, Phil. Trans., 1828, p. 211.

(**) Ann. de Chim. et de Phys., tome LII, p. 181.

(***) Daubeny, Jam. Ed New. Phil, Journ. no LII, p. 298.

M. Gay-Lussac, tout en exprimant l'opinion que la décomposition de l'eau contribue pour beaucoup à l'action volcanique, observe néanmoins que l'hydrogène n'a point été trouvé à l'état libre parmi les produits gazeux des volcans, puisque si cela était, il s'enflammerait à l'air, par suite de son contact avec les matières incandescentes qui sont rejetées pendant les éruptions. Le docteur Davy, dans son récit relatif à l'Ile Graham, s'exprime de la manière suivante : « J'observai avec soin le moment où les éclairs avaient le plus d'intensité, et où l'éruption éclatait avec le plus de violence, pour m'assurer si je n'apercevrais pas quelque inflammation occasionnée par cette étincelle électrique naturelle, — quelque indice de la présence du gaz inflammable ; — mais rien de tout cela ne se manifesta (*). »

L'hydrogène ne pourrait-il pas, demande M. Gay-Lussac, se combiner avec le chlore, et produire de l'acide muriatique? — gaz que l'on sait avoir été émis par le Vésuve. Quant au chlore, on peut supposer qu'il provient du sel marin, puisque, par la seule opération du lavage, on a retiré plus de neuf pour cent de cette dernière substance, de la lave du Vésuve de 1822 (**). A cela, on a répondu que les

(*) Phil. Trans., 1832, p. 240.
(**) Ann. de Chim. et de Phys., tome XXII.

expériences de Sir H. Davy ont démontré que l'hydrogène n'est point combustible quand il se trouve mêlé avec le gaz acide muriatique; de sorte que si le gaz muriatique était émis en abondance, l'hydrogène pourrait y être mêlé sans qu'il se produisît aucune combustion (*). Cependant, M. Abich assure « que, bien que la vapeur éclairée par la lave incandescente ait souvent été prise pour de la flamme, » il aperçut distinctement la flamme de l'hydrogène dans l'éruption du Vésuve de 1834 (**).

M. Gay-Lussac, dans le mémoire dont nous parlions tout-à-l'heure, exprime du doute sur la présence de l'acide sulfureux; mais le dégagement abondant de ce gaz pendant les éruptions est un fait aujourd'hui établi : aussi, toute difficulté à l'égard de l'absence générale de l'hydrogène à l'état inflammable se trouve-t-elle éloignée; car, ainsi que le suggère le Dr Daubeny, l'hydrogène de l'eau décomposée peut s'unir avec le soufre pour former du gaz hydrogène sulfuré, qui se mélange ensuite avec l'acide sulfureux, à mesure qu'il s'élève dans le cratère. L'expérience a prouvé que ces gaz se décomposent mutuellement quand ils sont mis en présence de la vapeur d'eau, une partie de l'hydro-

(*) Quart. Journ. of Science, 1823, p. 132.
(**) Phénom. Géol., etc. p. 3

gène de l'un s'unissant immédiatement avec l'oxigène de l'autre pour former de l'eau, tandis que l'excès d'acide sulfureux se dégage seul dans l'atmosphère, et que le soufre se précipite.

Quoique cette explication suffise pour faire disparaître toute espèce de doute, nous observerons que la flamme de l'hydrogène est rarement visible pendant une éruption — la flamme bleue très faible qu'émet ce gaz en brûlant, quand il est pur, pouvant à peine se distinguer, pendant la nuit, de la clarté que répandent les scories incandescentes. Sa transformation immédiate en eau, quand il vient à s'enflammer dans l'atmosphère, pourrait aussi servir à expliquer pourquoi il n'est pas visible sous forme distincte.

M. Daubeny pense que l'eau qui renferme de l'air atmosphérique peut descendre de la surface de la terre jusqu'au foyer volcanique, et que le même mode de combustion qui donne lieu à la décomposition de l'eau peut priver cet air souterrain de son oxigène. C'est ainsi qu'il explique non seulement les grandes quantités d'azote qu'émettent les ouvertures volcaniques et les eaux thermales, mais aussi l'absence totale ou partielle de l'oxigène dans l'air envoyé de la surface de la terre dans les régions volcaniques.

Sir H. Davy, dans son mémoire sur les « Phéno-

mènes Volcaniques, » dit qu'il y a tout lieu de supposer qu'un courant atmosphérique descendant existe dans le Vésuve; il pensait aussi que les cavités souterraines d'où sortent, pendant les éruptions, de grandes quantités de vapeur, peuvent ensuite, quand le volcan est à l'état de repos, se remplir d'air atmosphérique (*). La présence des sels ammoniacaux dans les émanations volcaniques, et celle de l'ammoniaque dans la lave, favorisent singulièrement l'hypothèse de la désoxidation de l'air et de l'eau dans l'intérieur de la terre (**).

Le Professeur Bischoff a prétendu que le peu de pesanteur spécifique des métaux des alcalis est contraire à l'hypothèse de Davy; car, dit-il, si la densité moyenne de la terre, telle qu'elle a été déterminée par les astronomes, surpasse celle de toutes les espèces de roches, ces métaux ne peuvent exister, du moins en grande quantité, dans l'intérieur de la terre (***). Mais le Docteur Daubeny a prouvé que si l'on considère la gravité spécifique moyenne du potassium, du sodium, du silicium, du fer, et en général de toutes les substances qui, unies à l'oxigène, constituent la lave ordinaire, et

(*) Phil. Trans., 1828.

(**) L'ammoniaque est composée d'hydrogène et d'azote, c'est-à-dire, des mêmes éléments que l'air, moins l'oxigène. Voy. Daubeny, Encyc. Metrop., Part. 40.

(***) Jam Ed. New Phil. Journ. N° li. p. 31.

si l'on compare ensuite le poids de l'ensemble de ces corps avec celui d'un volume égal de lave, la différence n'est pas très considérable, puisque la pesanteur spécifique de la lave n'excède que d'un quart environ celle des métaux non oxidés. De plus, il est probable qu'à de grandes profondeurs les bases métalliques des terres et des alcalis doivent devenir plus pesantes par l'effet de la pression (*).

Avant de terminer cette partie de notre sujet, nous ajouterons qu'il semble n'y avoir aucune objection sérieuse à opposer à la doctrine qui admet que la cause de l'action volcanique peut être due aux changements chimiques qui s'accomplissent à diverses profondeurs dans l'intérieur de la terre, et que le contact de l'eau avec les métaux non oxidés des terres et des alcalis peut donner naissance à la chaleur nécessaire pour développer cette action. Il serait possible aussi qu'en arrivant ensuite au contact des oxides métalliques échauffés, l'hydrogène émis pendant l'acte de la saturation réduisît de nouveau ces oxides à l'état métallique, et que ce cercle d'action fût un des principaux moyens à l'aide desquels se maintiennent la chaleur intérieure, et la stabilité de l'action volcanique.

(*) Voyez la Réplique de Daubeny à Bischoff, Jam. Ed. New. Phil. Journ. N° lii. p. 291; et la note p. 158 du N° liii.

Causes des éruptions volcaniques. — Les causes les plus probables des éruptions volcaniques ont été en grande partie exposées dans les considérations précédentes sur la liquéfaction des roches et la production des gaz. Quand on pratique une petite ouverture dans un tube rempli de gaz liquéfié par l'effet de la condensation, à l'instant il redevient aériforme, ou, comme quelques auteurs l'ont exprimé, « il s'échappe en vapeur, » et souvent brise le tube qui le contient. Cette expérience nous fait assez bien voir comment la matière gazeuse peut se dégager à travers une fente dans les roches, et continuer pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines à s'échapper par un petit orifice, avec une force explosive suffisante pour réduire toute substance qui s'oppose à son passage, en petits fragments ou même en poussière. La lave aussi peut être poussée en même temps de bas en haut, et projetée sous forme de scories. De plus, lorsque la lave fluide se trouve au fond d'une fissure profonde, communiquant, d'un côté avec la surface, et de l'autre avec une caverne dans laquelle une masse considérable de vapeur a été formée, il se pourrait qu'il y eût un écoulement de lave suivi d'un dégagement de gaz. Les éruptions commencent et finissent souvent par une émission de fluides élastiques, et, dans ce cas, on doit s'attendre à ce que l'éruption suivante aura lieu par la même

ouverture, car le dernier dégagement de gaz maintiendra le conduit ouvert, et l'empêchera de s'oblitérer.

Le jaillissement de la lave par le côté ou par la base d'une cône élevé, plutôt que par le sommet, peut être attribué à la pression hydrostatique à laquelle les flancs de la montagne sont exposés quand la colonne de lave s'est élevée à une grande hauteur. Si, avant qu'elle ait atteint la cime du volcan, le conduit principal venait à se trouver intercepté, la pression exercée de bas en haut par la colonne ascendante de gaz et de lave suffirait pour produire une ouverture latérale.

Geysers d'Islande. — Comme la vapeur d'eau constitue la partie la plus abondante des produits aériformes des volcans en éruption, nous considérerons avec une attention toute particulière un cas où elle est l'unique force motrice : — c'est celui des Geysers d'Islande. Ces sources chaudes intermittentes se trouvent sur un point de la partie sud-ouest de l'Islande, où l'on en a reconnu près d'une centaine, dans un cercle de deux milles ($\frac{2}{3}$ de l.) d'étendue. Elles jaillissent à travers un épais courant de lave qui doit probablement son origine au mont Hékla, dont on aperçoit le sommet depuis les Geysers, c'est-à-dire, d'une distance de plus de

trente milles (9 l.). Dans ce district, le bruit occasionné par le mouvement de l'eau dans des gouffres au-dessous de la surface s'entend quelquefois; car ici, comme sur l'Etna, des rivières coulent dans des lits souterrains à travers des laves poreuses et caverneuses. Plus d'une fois il est arrivé, après des tremblements de terre, que des sources chaudes en ébullition ont augmenté ou diminué de volume et d'impétuosité, qu'elles ont entièrement cessé de couler, ou que d'autres ont apparu, — circonstances qui peuvent s'expliquer par l'ouverture de nouvelles crevasses ou par l'oblitération d'anciennes fissures. On a souvent répété que l'activité des Geysers tendait généralement à s'affaiblir; cependant la description donnée par M. Barrow le jeune des éruptions de 1834 s'accorde très approximativement avec celle de Sir J. Banks, écrite plus de soixante ans auparavant (*).

Il est peu de Geysers dont l'éruption dure plus de cinq ou six minutes, et les intervalles qui s'écoulent entre chacune d'elles sont ordinairement très irréguliers. Le grand Geyser jaillit d'un vaste bassin situé au sommet d'un monticule circulaire formé d'incrustations siliceuses que dépose l'écume de ses eaux. Ce bassin a cinquante-six pieds (17m)

(*) Voir le voyage de Barrow en Islande, ch. VI. 1831.

de diamètre dans un sens, et quarante-six (14m) dans l'autre. (Voyez la fig. 96.)

Fig. 96

Vue du cratère du grand Geyser en Islande (*).

On voit au centre un conduit dont la profondeur, mesurée perpendiculairement, est de soixante-dix-huit pieds (23m,8); il a huit à dix pieds (2m,5 à 3m) de diamètre, mais il s'élargit à mesure qu'il s'élève dans le bassin. L'intérieur de ce bassin est blanchâtre, et tapissé d'une incrustation siliceuse parfaitement unie. Il en est de même de deux pe-

(*) Cette figure est la réduction d'un croquis donné par W. J. Hooker, Esq., dans son « Tour in Iceland » (Voyage en Islande), vol. I, pag. 119.

tits canaux qui se trouvent sur les côtés du monticule, au bas duquel l'eau s'échappe quand le bassin est rempli jusqu'au bord. Le bassin circulaire est quelquefois vide, comme on le voit, fig. 96; mais ordinairement il est rempli d'une eau limpide en ébullition. Pendant l'ascension de l'eau bouillante dans le conduit, et surtout quand l'ébullition est très forte et que l'eau s'élance en jets, un bruit souterrain, analogue à celui d'une décharge d'artillerie dans le lointain, se fait entendre, et la terre est légèrement ébranlée. Le bruit augmente ensuite, et le mouvement devient de plus en plus violent jusqu'à ce qu'enfin une colonne d'eau jaillisse, avec une forte explosion, à la hauteur, de cent ou deux cents pieds (30 ou 60^{m}). Quand ce jaillissement de l'eau a duré pendant quelque temps, comme dans une fontaine artificielle, et que de grands nuages de vapeur se sont dégagés, le conduit se trouve vide, et une colonne de vapeur d'eau, s'élançant avec une force extraordinaire et avec un bruit semblable à celui du tonnerre, termine l'éruption.

Si l'on jette des pierres dans le cratère, elles sont rejetées à l'instant; et telle est la puissance de la force explosive, que des roches, même très dures, sont parfois réduites par elle en petits fragments. Henderson a reconnu qu'en jetant une grande quantité de grosses pierres dans le conduit de l'un des

Geysers appelé le Strockr, on pouvait, en quelques minutes, donner lieu à une éruption (*). Les fragments de pierre, ainsi que l'eau bouillante, étaient, dans ce cas, lancés à une hauteur beaucoup plus grande qu'à l'ordinaire. Quand l'eau avait cessé de jaillir, une colonne de vapeur continuait pendant près d'une heure à se précipiter hors du Geyser avec une sorte de rugissement; mais celui-ci, comme s'il était épuisé par ces efforts, ne faisait point éruption de nouveau après son intervalle ordinaire de repos.

Parmi les diverses théories proposées pour expliquer ces phénomènes, je citerai d'abord celle de Sir J. Herschel. On peut, dit-il, produire en petit une imitation de ces jets, en échauffant à la température de la chaleur rouge le tuyau d'une pipe, et en remplissant d'eau le fourneau de cette pipe que l'on incline de manière que l'eau puisse pénétrer dans le tuyau. Au lieu de former un courant continu en sortant ainsi de la pipe, l'eau s'échappe par une suite d'explosions violentes accompagnées d'un dégagement de vapeur, seule d'abord; puis, d'eau mélangée de vapeur; et enfin, presque uniquement d'eau, lorsque la pipe se refroidit. A chaque explosion, une portion de l'eau et de la vapeur est ren-

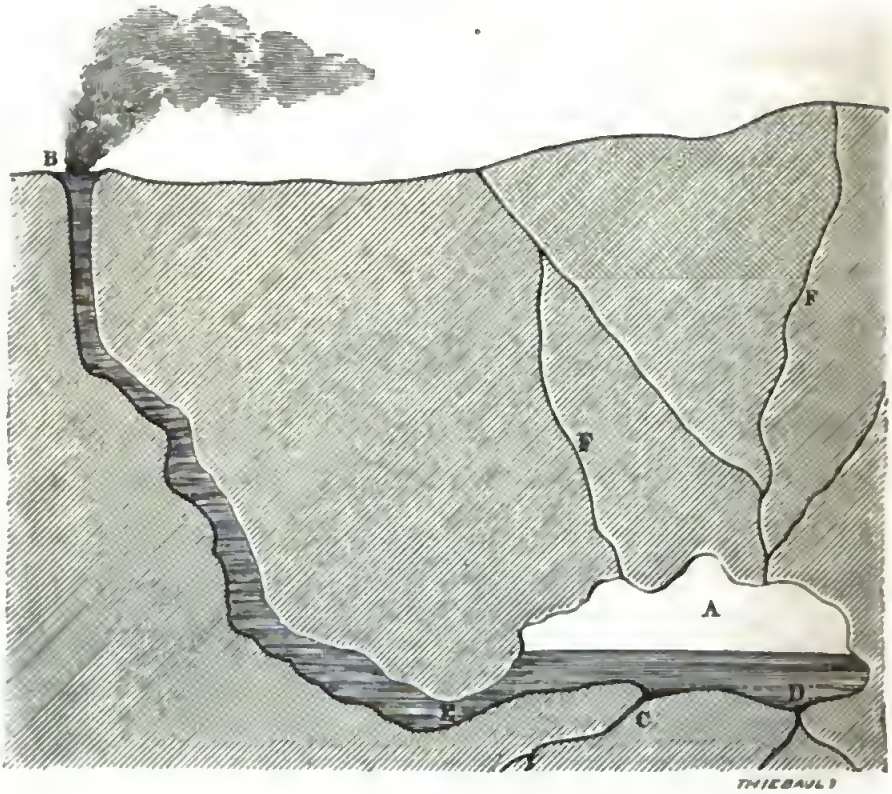
(*) Journal of a Residence in Iceland (Journal d'un séjour en Islande), p. 71.

voyée dans le fourneau. Quant aux intervalles qui s'écoulent entre les explosions, ils dépendent du degré de chaleur, de la longueur et de l'inclinaison de la pipe, de même que la durée des explosions dépend de son épaisseur et de sa conductibilité (*). L'application de cette expérience aux Geysers exige simplement qu'un courant souterrain, coulant à travers les pores et les crevasses de la lave, atteigne subitement une fissure dans laquelle la roche soit à la température de la chaleur rouge, ou à peu près. Dans ce cas, il y aurait immédiatement formation de vapeur, et cette vapeur, en s'échappant par la fissure, entraînerait avec elle de l'eau jusqu'à la surface; en même temps une partie de la vapeur repousserait l'eau vers sa source; puis, après quelques minutes, la vapeur se trouvant entièrement condensée, l'eau reviendrait, et le même phénomène se reproduirait.

Il y a toutefois une autre manière d'expliquer l'action du Geyser, qui, peut-être, offre plus de probabilité. Supposons que l'eau venant de la surface de la terre pénètre dans la cavité souterraine A D (fig. 97) par les fissures F F, en même temps qu'une certaine quantité de vapeur, douée d'une

(*) Mémoire lu à la Société Géologique de Londres, le 29 Février 1832.

Fig. 97.



Réservoir et conduit supposés d'un Geyser en Islande (*)

température aussi élevée que celle qui se dégage ordinairement des fentes qu'on observe dans les courants de lave pendant leur refroidissement, s'échappe des fissures C. Une portion de cette vapeur se liquéfie d'abord, tandis que la température de l'eau s'élève par suite de la chaleur latente ainsi développée, jusqu'à ce que la partie

(*) Cette figure est tirée de l'ouvrage de Sir George Mackensie sur l'Islande.

inférieure de la cavité soit remplie d'eau bouillante, et la partie supérieure, de vapeur sous une haute pression. La force expansive de la vapeur devient si considérable à la fin, que l'eau est forcée de s'élever dans la fissure ou conduit EB. et qu'elle s'échappe par-dessus les bords du bassin. Quand la pression se trouve ainsi diminuée, la vapeur qui occupe la partie supérieure de la cavité A se dilate, jusqu'à ce que toute l'eau D soit chassée dans le conduit : alors la vapeur, étant plus légère que celle-ci, la traverse avec une grande vitesse. Si le tuyau vient à être bouché artificiellement, ne fût-ce même que pendant quelques minutes, la chaleur augmente considérablement; car, dans ce cas, elle ne peut s'échapper sous forme latente en vapeur, et l'eau bouillant alors avec une force bien plus grande, il en résulte une éruption.

Si l'on suppose qu'à la profondeur de quelques milles au-dessous de la surface de la terre il existe de grandes cavités dans lesquelles l'eau pénètre et où il se fasse des accumulations de lave en fusion, la vapeur ainsi produite pourra, en pressant sur la lave, la forcer à s'élever dans le conduit d'un volcan, de la même manière qu'une colonne d'eau s'élève dans le canal d'un Geyser.

Causes des tremblements de terre — mouvement

ondulatoire. — Nous allons actuellement examiner comment la chaleur intérieure du globe peut donner naissance aux tremblements de terre. Un des phénomènes qui accompagnent le plus communément les secousses souterraines est le mouvement ondulatoire du sol. Cette circonstance, suivant Michell, paraîtra moins extraordinaire si nous avons égard à l'élasticité excessive de la terre et à la compressibilité des matériaux, même les plus durs, dont elle est formée. Il est, dit-il, possible que de grands districts reposent sur la lave liquide ; et que lorsque celle-ci se trouve ébranlée, son mouvement se propage à travers les roches supérieures. Il expose ensuite la théorie ingénieuse que voici : « De même qu'une petite quantité de vapeur produite presque instantanément à une profondeur considérable au-dessous de la surface de la terre donne lieu à un mouvement vibratoire, de même, une très grande quantité de vapeur formée, soit presque instantanément, soit dans un court espace de temps, engendre un mouvement ondulatoire. La manière dont ce mouvement ondulatoire se propage peut, en quelque sorte, être représentée par l'expérience suivante : — Supposons qu'un grand drap ou un grand tapis étendu sur un plancher soit soulevé à une de ses extrémités, puis subitement abattu sur le plancher ; l'air qui est en-dessous, se trouvant ainsi poussé en avant, par-

courra toute la longueur du drap ou du tapis en l'élevant et l'abaissant alternativement, c'est-à-dire, en formant une onde, jusqu'à ce que, arrivé à l'extrémité opposée, il trouve à s'échapper. Cette comparaison ne fait-elle pas concevoir comment une grande quantité de vapeur peut imprimer à la terre un mouvement d'ondulation, en se propageant entre les strates peu adhérentes, qu'elle sépare aisément dans une direction horizontale? La partie de la terre qui se trouve soulevée la première, cherche, après avoir été courbée, à reprendre, par son élasticité, sa forme naturelle; puis, les parties voisines au-dessous desquelles pénètre successivement la vapeur sont soulevées à leur tour, jusqu'à ce que cette dernière trouve quelque issue, ou jusqu'à ce qu'étant ramenée à l'état liquide, par le froid, elle ne puisse plus se propager en avant (*). »

A cette hypothèse de Michell on a objecté, avec quelque raison, que les mouvements ondulatoires qui ont lieu à la surface du sol pendant les tremblements de terre ne se manifestent, lors même qu'ils sont assez violents, que sur une très petite échelle, ainsi qu'on peut en juger par des récits relatifs

(*) On the Cause and Phenomena of Earthquakes (Sur la Cause et les Phénomènes des Tremblements de Terre), Phil. Trans. vol. II. sect. 58. 1760.

à l'abaissement de grands arbres touchant le sol de leur cime et reprenant ensuite leur position naturelle ; — par le malaise analogue au mal de mer qu'éprouvent ceux qui sont témoins de ce mouvement, et par plusieurs autres phénomènes auxquels on reconnaît aisément que le rayon de chaque courbure n'a que peu d'étendue. D'un autre côté, on a supposé qu'un mouvement vibratoire pouvait être produit à une profondeur considérable par la fracture subite de la croûte solide, et que les vibrations pouvaient se propager de bas en haut à travers une masse de roche de plusieurs milliers de pieds, ou même de plusieurs milles d'épaisseur. Ainsi, la première vibration qui atteint la surface soulève le sol, puis, le laisse s'abaisser ; immédiatement après, une autre vibration, provenant vraisemblablement du même centre, peut arriver à la surface en un point contigu au premier, et occasionner un soulèvement et un abaissement semblables ; enfin, d'autres donneront lieu successivement à un mouvement progressif du sol analogue en apparence à une vague de la mer.

La facilité avec laquelle toutes les molécules d'une masse solide peuvent entrer en vibration s'explique, suivant M. Gay-Lussac, par plusieurs exemples très simples. « Le choc », dit-il, « produit par la tête d'une épingle, à l'un des bouts d'une longue poutre,

fait vibrer toutes ses fibres, et se transmet distinctement à l'autre bout à une oreille attentive. Le mouvement d'une voiture sur le pavé ébranle les plus vastes édifices, et se communique à travers des masses considérables, comme dans les carrières profondes au-dessous de Paris (*). »

Le déchirement et le soulèvement des masses continentales sont des phénomènes qui deviennent faciles à expliquer quand une fois on est convaincu qu'une chaleur suffisante, non seulement pour fondre un grand nombre de substances, mais pour les réduire même à l'état gazeux, se trouve accumulée dans certaines parties de l'intérieur du globe. Les fluides élastiques sont capables de projeter des masses solides à d'immenses hauteurs; et l'on sait que le volcan de Cotopaxi a lancé, à la distance de huit ou neuf milles (3 l. à peu près), une masse de roche du volume de cent mètres cubes environ. Lorsqu'on voit ces fluides aériformes s'échapper par certaines ouvertures pendant plusieurs mois, ou même pendant plusieurs années, consécutivement, on conçoit quelle force ils doivent avoir lorsqu'ils exercent leur action dans des lieux où ils sont comprimés sous une masse énorme de roches.

(*) Ann. de Ch. et de Ph., t. XXII p. 428-429.

Gaz à l'état liquide. — Les expériences de Faraday et de plusieurs autres observateurs ont montré, dans le cours des douze dernières années, qu'un grand nombre de gaz, parmi lesquels on comprend tous ceux qui se dégagent en plus grande abondance des orifices volcaniques, tels que les acides carbonique, sulfureux et muriatique, peuvent être amenés à l'état liquide par l'effet de la pression. A des températures comprises entre 30 et 50° Fahr. (— 1°,11 et + 10 centig.), la pression nécessaire pour produire cet effet varie depuis quinze jusqu'à cinquante atmosphères, ce qui, relativement aux opérations de la Nature, ne doit être regardé que comme très insignifiant. Une colonne de lave du Vésuve qui s'étendrait depuis le bord du cratère jusqu'au niveau de la mer équivaudrait à trois cents atmosphères environ ; de sorte qu'à des profondeurs peu considérables, dans l'intérieur de l'écorce du globe, les gaz peuvent se liquéfier, même à des températures très élevées. La méthode employée pour réduire quelques uns de ces gaz à l'état liquide consiste à renfermer les substances qui les engendrent par suite de leur action mutuelle, dans des tubes hermétiquement scellés, de manière que la pression de la vapeur, qui s'accroît à mesure que celle-ci s'élève dans le tube et tend à s'y dilater, puisse forcer une partie de la vapeur

même à passer à l'état liquide. Or, une telle action peut, et doit même souvent se produire dans des cavernes et dans des fissures souterraines, ou même dans les pores et dans les cellules d'un grand nombre de roches; et il s'ensuit qu'une quantité de force expansive bien plus considérable que celle qui se manifesterait si ces vapeurs n'avaient pas la propriété de devenir liquides, peut être accumulée dans un petit espace. Car, bien que les gaz occupent beaucoup moins de place à l'état liquide qu'à l'état aériforme, ils exercent pourtant exactement, dans l'un et l'autre cas, la même pression sur les parois de la cavité dans laquelle ils se trouvent contenus.

Si l'on élève légèrement la température d'un tube, soit de verre ou de toute autre matière, rempli de gaz condensé, il arrive souvent qu'il éclate; car le moindre accroissement de chaleur augmente l'élasticité du gaz dans une très grande proportion. Supposons seulement que la température de certaines roches imprégnées de ces gaz liquides soit élevée de quelques degrés, et nous aurons une force capable de soulever des masses de quelque épaisseur, pour ainsi dire, que ce puisse être; tandis que si le gaz se trouve comprimé à une profondeur considérable, les habitants de la partie correspondante de la surface ne ressentiront vraisemblablement que des mouvements vibratoires, et ne verront que des fissures

d'où il ne s'échappera point de vapeurs. En traversant des fissures de quelques milles de longueur seulement, ou en se frayant un passage à travers des strates qui offrent peu de résistance, les vapeurs peuvent être refroidies et absorbées par l'eau; car l'eau a une très grande affinité pour plusieurs gaz, dont elle absorbe des quantités considérables sans que pour cela son volume augmente d'une manière notable. On comprend donc que la température ou le volume des sources peut s'accroître en même temps que leurs propriétés minérales subissent quelques modifications.

Des rapports qui existent entre l'état de l'atmosphère et les tremblements de terre. — Les habitants de Stromboli, qui, pour la plupart, sont pêcheurs, considèrent le volcan de leur île comme un baromètre, les éruptions étant beaucoup plus faibles lorsque le ciel est serein que lorsqu'il est orageux; ce qui fait qu'en hiver l'île semble souvent ébranlée jusque dans ses fondations. M. Scrope, après avoir appelé l'attention des observateurs sur ces faits et sur plusieurs autres analogues, a, le premier, exprimé l'opinion que la diminution de pression de l'atmosphère, — circonstance qui, d'ordinaire, accompagne un temps orageux, — peut modifier l'intensité de l'action volcanique. Il pense que lorsque la lave

liquide communique avec la surface, comme dans le cratère de Stromboli, elle peut s'élever ou s'abaisser dans l'orifice volcanique de la même manière que le mercure dans un baromètre; parce que l'ébullition ou le pouvoir expansif de la vapeur contenue dans la lave décroît à chaque augmentation de pression, et s'accroît, au contraire, toutes les fois que la pression diminue. De même, si une couche de lave liquide se trouve comprimée à une profondeur considérable au-dessous de la surface, sa force expansive peut être contrariée, en partie par le poids des roches supérieures, et en partie par la pression atmosphérique qui agit à la fois sur une vaste étendue superficielle. Dans ce cas, si la force soulevante augmente graduellement d'énergie, le moindre excédant dans la force opposée ou répressive suffira, à la longue, pour la maîtriser, et l'équilibre alors pourra être détruit subitement par une cause quelconque, telle qu'un courant d'air ascendant qui occasionnerait la dépression du baromètre. On peut expliquer ainsi la coïncidence remarquable qu'on observe si souvent entre l'état du ciel et les commotions souterraines, bien que l'on doive admettre que les tremblements de terre et les éruptions volcaniques réagissent à leur tour sur l'atmosphère, d'où il suit que les désordres qui s'y manifestent sont généralement les conséquences,

plutôt que les avant-coureurs des phénomènes volcaniques (*).

Élévation et abaissement permanents de certaines régions par l'effet des mouvements souterrains. — On conçoit facilement que les roches brisées puissent prendre une forme voûtée pendant une secousse souterraine, et que, par suite, la région à laquelle elles servent d'appui reste soulevée d'une manière permanente. D'autres fois le gaz, en chassant devant lui des masses de lave liquide, peut les faire pénétrer, les injecter en quelque sorte, dans des fissures nouvellement ouvertes; puis, après avoir ainsi agrandi par le soulèvement des roches supérieures, l'espace qu'il occupait, il reste à l'état de repos; d'un autre côté, la lave, en se solidifiant dans les fentes, peut offrir une fondation très solide au terrain nouvellement soulevé.

Le colonel Totten a fait récemment en Amérique des expériences dans le but de déterminer la proportion suivant laquelle quelques unes des pierres le plus communément employées en architecture se dilatent sous l'influence de diverses températures données (**). On reconnut qu'il était impossible, dans

(*) Scrope on Volcanos. p. 58 — 60.

(**) Silliman's American Journ., vol. XXII. p. 136. L'application de ces résultats à la théorie des tremblements de terre m'a été suggérée, pour la première fois, par M. Babbage.

une contrée où la variation annuelle de température est de plus de 90° Fahr. (50° centig.), de construire un entablement en pierres de cinq pieds (1m,5) de long, dont les joints se maintinssent assez serrés pour que l'eau ne pût pas pénétrer entre la pierre et le ciment ; la contraction et la dilatation annuelles des pierres donnant lieu, entre les points de jonction, à de petites fentes dont la largeur varie avec la nature de la roche. Il a été établi que le granit à grains fins se dilatait pour 1° Fahr. (0,56 centig.) des $\frac{4825}{1000000000}$ de son volume ; le marbre blanc cristallin de $\frac{5668}{1000000000}$, et le grès rouge de $\frac{9532}{1000000000}$, ou deux fois environ autant que le granit.

Or, suivant cette loi de dilatation, une masse de grès, d'un mille ($\frac{1}{3}$ de lieue) d'épaisseur, et dont la température serait élevée à 200° Fahr. (111° centigr.), soulèverait un lit de roche à la hauteur de dix pieds (3m) au-dessus de son niveau initial. Mais, supposons que la température d'une partie de la croûte du globe, uniformément dilatable et d'une épaisseur de cent milles (36 l.), soit portée à 600 ou 800° Fahr. (333 ou 444° centigr.), il en résultera un soulèvement de deux à trois mille pieds (600 à 900m environ). Puis, si cette même masse vient à se refroidir, les roches supérieures s'abaisseront de nouveau et reprendront leur première position. On pourra expliquer ainsi le soulè-

vement graduel de la Scandinavie ou la dépression du Groenland, si, toutefois, on parvient, par de nouvelles recherches, à établir l'authenticité de ce dernier phénomène.

Il est possible aussi que de même que l'argile se contracte dans le pyromètre de Wedgwood, tant par l'abandon de son eau de composition que par l'effet d'un commencement de vitrification, de même, de grandes masses de strates argileuses contenues dans l'intérieur du globe, se contractent lorsqu'elles sont soumises à l'action d'une température élevée et de changements chimiques, et donnent lieu ainsi à l'abaissement graduel des roches supérieures. Il peut arriver souvent que de grandes fissures se trouvent formées dans des roches, par le seul fait de l'inégale dilatation d'une masse continue, échauffée dans l'une de ses parties, et restant dans l'autre à une température basse comparativement. La dépression subite du sol peut être causée aussi par l'affaissement de cavernes souterraines, phénomène auquel donne lieu la condensation des gaz, ou leur dégagement à travers des crevasses nouvellement formées. De plus, l'expulsion de la matière de certaines parties de l'intérieur, par l'écoulement de la lave et des sources minérales, doit, dans le cours des siècles, occasionner des

vides, et, par suite, déterminer la chute des portions minées de la surface.

De la manière dont se trouve maintenu l'équilibre des continents. — Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous est impossible d'évaluer le nombre moyen de tremblements de terre qui peuvent se produire dans le cours d'une année. Cependant, comme l'espace que couvre l'océan est à peu près trois fois aussi considérable que celui qu'occupe la terre ferme, il est probable que trois tremblements de terre sous-marins ont lieu contre une secousse exclusivement continentale ; et quand on considère la multitude de secousses légères qui se font sentir dans certaines régions, on a peine à supposer qu'un seul jour se passe sans qu'un ou plusieurs chocs se manifestent en quelque point du globe. Nous avons vu aussi, en Suède et dans plusieurs autres contrées, des changements dans le niveau relatif de la mer et de la terre ferme se produire sans commotion, et nous avons remarqué que ce sont ceux-là, peut-être, qui déterminent les modifications géographiques et géologiques les plus considérables ; car la configuration des continents peut éprouver un plus grand changement par l'effet d'une élévation ou d'une dépression d'un pouce (25 mill.), répartie sur une vaste étendue, que par suite d'un

affaissement de plusieurs brasses à la fois, mais ne se manifestant que sur un espace beaucoup plus limité, comme cette portion de la forêt d'Aripao, dont la dépression a été mentionnée page 314 du présent volume.

D'après les détails historiques que nous avons précédemment donnés, on a dû voir que la force qui détermine les mouvements souterrains, intermittents ou continus, accompagnés ou non de violentes commotions, n'agit point au hasard, mais se développe dans certaines régions seulement; et quoique les changements opérés pendant le temps nécessaire à la production d'un petit nombre d'éruptions volcaniques puissent être fort peu considérables, il n'est guère permis de douter que pendant les siècles que mirent à se former de grands cônes volcaniques, composés de milliers de courants de lave, des hauts fonds n'aient été convertis en montagnes extrêmement élevées, et des basses terres en mers profondes.

Dans un des chapitres précédents, j'ai établi que les causes aqueuses et ignées pouvaient être considérées comme des forces antagonistes — les premières agissant constamment de manière à effacer les inégalités de la surface de la terre, et les autres, au contraire, les reproduisant sans cesse (*).

(*) Voir vol. II, chap. I de cet ouvrage.

Quelques géologues ont pensé que le pouvoir de nivellement des eaux courantes était opposé, plutôt à la force *soulevante* des tremblements de terre qu'à leur action considérée d'une manière générale. Cette opinion, toutefois, est insoutenable; car l'abaissement du lit de l'océan est un des moyens par lesquels les continents se trouvent garantis d'une submersion graduelle. La profondeur de la mer ne peut être augmentée en un point quelconque sans qu'il s'ensuive un abaissement général des eaux; de même que le moindre dépôt de sédiment ne peut avoir lieu sans occasionner le déplacement d'une quantité d'eau de volume égal, et, par suite, sans que le niveau de la mer se trouve élevé, quoique imperceptiblement, jusqu'aux antipodes. Ainsi, la conservation des continents peut quelquefois être attribuée à la dépression d'une partie de l'écorce du globe, — de cette partie principalement qui est couverte par l'océan, — de même qu'un mouvement ascendant doit, souvent, tendre à les détruire; car si ce mouvement rend le lit de la mer moins profond, il déplace une certaine quantité d'eau, et tend ainsi à submerger les terres basses.

Les astronomes ayant prouvé que le diamètre de la terre n'a subi aucun changement pendant ces vingt siècles derniers, on peut regarder l'invariabilité

des dimensions de notre planète, comme un fait très probable (*). Si donc nous demandons de quelle manière la force qui préside aux tremblements de terre doit être réglée pour rétablir constamment, à la surface du globe, les inégalités que le pouvoir de nivellement des eaux tend à effacer, nous reconnaîtrons que la somme de la dépression doit excéder celle de l'élévation. Il en serait autrement si l'action des volcans et des sources minérales était interrompue; car alors la tendance de l'enveloppe de la terre à s'élever ne devrait pas l'emporter sur celle qu'elle éprouve à s'abaisser.

Pour mieux comprendre cette proposition, il faut se rappeler que les dépôts provenant des rivières et des courants ajoutent probablement autant à la hauteur des terres qui sont en voie de s'élever, qu'ils contribuent à diminuer celle des terres parvenues à leur maximum d'élévation. Supposons qu'une grande rivière amène des sédiments dans une partie de l'océan qui ait deux mille pieds (600^{m} environ) de profondeur, et que, par suite de l'accumulation de ces sédiments, la profondeur diminue graduellement jusqu'à ce qu'un haut fond recouvert par les eaux, au moment de la haute mer seulement, se trouve formé. Dans cet état de choses, si une force soulevante venait à exhausser le haut-fond de deux

(*) Voir vol. I, ch. VIII du présent ouvrage.

mille pieds, il en résulterait une montagne de la même hauteur; mais si cette force avait élevé le même point du fond de la mer, avant que le sédiment de la rivière l'eût comblé, alors, au lieu de convertir un haut-fond en une montagne de 2,000 pieds de hauteur, il n'eût fait simplement que changer une *basse* en haut-fond.

Il paraît donc que les résultats des tremblements de terre sont souvent tels qu'ils déterminent une sorte de contradiction dans la force de nivellement des eaux; et, toute paradoxale que puisse paraître cette donnée, nous pouvons être sûrs que partout où il se trouve des collines et des montagnes formées de dépôts stratifiés, de telles aspérités n'existeraient pas si l'eau, à quelque époque ancienne, n'eût point agi de manière à niveler la surface de la terre.

Mais, outre le transport de la matière, des continents à l'océan, par l'effet de l'eau courante, il s'en opère un autre de bas en haut, par l'intermédiaire des sources minérales et des ouvertures volcaniques. De même que certaines masses de montagnes sont, dans le cours des siècles, formées par le déversement de courants successifs de lave, de même les roches stratifiées, d'une grande étendue, doivent leur origine au dépôt du carbonate de chaux et des autres substances minérales dont les sources sont

imprégnées. La surface des continents et de certaines portions du fond de la mer étant ainsi élevée, les additions extérieures dues à ces diverses causes augmenteraient incessamment les dimensions de la planète, si la somme de la dépression de l'écorce du globe ne dépassait pas celle de l'élévation. Ainsi, pour que le diamètre moyen de la terre puisse rester uniforme, et que la surface conserve son inégalité, il est nécessaire que la somme de l'abaissement l'emporte sur celle de l'exhaussement. Or, d'après les règles de la mécanique, le fait de la prédominance de la dépression est loin d'être improbable, puisque chaque mouvement tendant à produire un soulèvement doit donner naissance à des cavernes dans la masse située au-dessous, ou diminuer sa densité. On conçoit que des vides doivent se produire aussi, soit par suite de l'expulsion de la matière émise par les volcans et par les sources minérales, soit par l'effet de la contraction des masses argileuses résultant de la chaleur souterraine ; et que les fondations ayant été ainsi affaiblies, la croûte de la terre, ébranlée et déchirée par des convulsions réitérées, doive nécessairement finir, dans le cours des siècles, par céder.

Si nous adoptons ces idées, nous verrons qu'il en découle des conséquences importantes sous le point de vue géologique ; puisque, si, en somme, la

dépression excède l'élévation, la profondeur moyenne à laquelle d'anciennes surfaces se sont abaissées au-dessous de leur niveau primitif doit surpasser la hauteur que d'anciennes strates marines ont atteinte au-dessus de la mer. Si, par exemple, des strates marines, de l'âge à peu près de la craie et des sables verts, avaient été soulevées en Europe jusqu'à la hauteur de plus de onze mille pieds (3353m), — limite extrême, — et en moyenne, jusqu'à celle de plusieurs centaines de pieds, on pourrait en conclure que certaines parties de la surface qui existaient lorsque ces strates furent déposées, se sont abaissées jusqu'à la profondeur de *plus de* onze mille pieds, — terme extrême, — au-dessous de leur niveau primitif, et en moyenne, à *plus de* quelques centaines de pieds.

Quant aux failles, on doit admettre aussi, suivant l'hypothèse ici proposée, qu'un très grand nombre d'entre elles sont dues plutôt à l'affaissement des roches qu'à leur soulèvement.

Nous nous résumerons en disant que d'après les idées précédemment exposées, il paraît fort probable que le rétablissement constant des continents à leur état normal, et la disposition favorable de notre planète pour le maintien des espèces terrestres et aquatiques, sont garantis par la force soulevante et déprimante de causes qui agissent dans l'intérieur de

la terre, et qui, tout en étant souvent une source de terreur et de mort pour les habitants du globe, puisqu'elles se manifestent successivement dans chaque région, et laissent partout des traces de ruine et de désordre, n'en sont pas moins les agents d'un principe conservateur, plus nécessaire qu'aucun autre à la stabilité du système.

FIN DE LA TROISIÈME PARTIE.

005683491

Digitized by Google

Digitized by Google